G.S. Hochbaum
C.J. Walters

Éléments de la mortalité attribuable à la chasse chez le canard

Environnement Canada
Service canadien de la faune

Environment Canada
Canadian Wildlife Service

G.S. Hochbaum*
C.J. Walters†

Éléments de la mortalité attribuable à la chasse chez le canard : une analyse de gestion

Publication hors série
Numéro 52
Service canadien de la faune

Also available in English

*SCF, Winnipeg, Manitoba R3T 2N6

†Institute of Animal Resource Ecology
Université de la Colombie-Britannique
Vancouver, Colombie-Britannique V6T 1W5

Publication autorisée par
le Ministre de l'Environnement
Service canadien de la faune

©Ministère des Approvisionnements et Services
N° de catalogue CW69-1/52F
ISBN 0-662-92483-5
ISSN 0576-6370

Conception : Rolf Harder & Assoc.

Table des matières

4	Remerciements
5	**Résumé**
5	**Introduction et modèle conceptuel**
6	1. Interactions et éléments
7	2. Hypothèses
8	**Aires d'études, règlements de chasse et méthodes**
8	1. Le marais de Delta
9	2. Le marais de Pasquia
9	3. Essais aux appeaux
10	4. Inventaires aériens
10	5. Caches d'espionnage et effort de chasse
11	**Résultats**
11	1. Vulnérabilité
14	2. Sélectivité des chasseurs et prises observées
14	3. Temps de manipulation
15	4. Rapport entre la taille de la volée et la probabilité de mortalité
16	5. Rapport densité–prises
16	6. Analyse des données sur les captures
17	7. Répartition de l'effort de chasse
17	8. Oiseaux mutilés non récupérés
18	**Analyse**
21	**Modèle mathématique du chasseur**
21	1. Base mathématique
21	2. Établissement des équations
23	**Analyse et répercussions pour la gestion**
23	1. Application du modèle au marais de Delta
24	2. Résultats et analyses
26	3. Répercussions des résultats pour la gestion
28	**Résumé et conclusions**
29	**Bibliographie**

Liste des tableaux

12	Tableau 1. Résultats de 36,8 h d'essais aux appeaux pendant la saison de 1973
12	Tableau 2. Résultats de 45,6 h d'essais aux appeaux pendant la saison de 1974
13	Tableau 3. Proportion de canards utilisant les refuges du marais de Delta en octobre, selon les relevés aériens de 1973
13	Tableau 4. Résumé des rapports *F* découlant de l'analyse de régression de la vulnérabilité en fonction de variables météorologiques choisies
14	Tableau 5. Sélectivité des chasseurs, par espèces, déterminée par observation, dans le marais de Delta, en 1973, 1974 et 1977
14	Tableau 6. Prises observées, prises par heure–chasseur, effort estimatif et taille de la population, dans le marais de Delta, en 1973 et 1974
14	Tableau 7. Prises effectuées par les chasseurs dans le marais de Delta, déterminées par la vérification des gibecières, de 1973 à 1977
14	Tableau 8. Probabilité pour les oiseaux d'être abattus ou blessés, en fonction de la distance des caches des chasseurs, dans le marais de Delta (1973, 1974)
15	Tableau 9. Calculs de la probabilité qu'un chasseur abatte un oiseau, en fonction de la taille de la volée et du nombre de chasseurs
16	Tableau 10. Taille moyenne des volées de canards attirées par les appeaux et probabilité de mortalité basée sur la taille de la volée
17	Tableau 11. Nombre estimatif de prises, taille de la population et nombre de chasseurs à Delta pour certaines semaines, en 1975, 1976 et 1977
17	Tableau 12. Oiseaux mutilés non récupérés par rapport à la distance des caches des chasseurs, dans le marais de Delta (1973, 1974, 1977)
18	Tableau 13. Influences possibles des variables indépendantes sur les prises de canards, selon les prévisions de trois modèles

Liste des figures

6	Figure 1. Modèle conceptuel des interactions canard–chasseur censé représenter les facteurs de causes à effet déterminant les prises par chasseur
11	Figure 2. Populations de canards au marais de Delta en automne pendant les saisons de 1973 à 1977, établies par des relevés aériens
11	Figure 3. Heures–chasseur estimatives par semaine pendant la saison de chasse de 1973 et 1974, et nombre estimatif de chasseurs par semaine, en 1975, 1976 et 1977

15	Figure 4. *a*) Probabilité de mortalité par rapport à la taille de la volée déterminée à partir des caches d'espionnage au marais de Delta, en 1973 et 1974; et *b*) rapport entre la probabilité de mortalité et la taille de la volée établi à partir des caches d'espionnage au marais de Delta en 1973 et 1974
21	Figure 5. Rapport fonctionnel entre le nombre de prises possibles par heure–chasseur et la densité des canards
24	Figure 6. Diagramme isoplèthe montrant le rapport entre les endroits où les Canards malards sont abattus, la taille de la population et la durée de la saison pour des efforts de chasse normaux observés à Delta
25	Figure 7. Diagramme isoplèthe montrant le rapport entre les endroits où les Petits Morillons sont abattus, la taille de la population et la durée de la saison pour des efforts de chasse normaux observés à Delta
26	Figure 8. Diagramme isoplèthe montrant le rapport entre les endroits où les Morillons à dos blanc sont abattus, la taille de la population et la durée de la saison pour des efforts de chasse normaux observés à Delta

Remerciements

Nous remercions toutes les personnes qui ont collaboré à la réalisation du présent projet.

Nous sommes particulièrement reconnaissants à Conrad Wehrahan. Nous désirons remercier le regretté Douglas Stephen, du Service canadien de la faune (SCF), pour avoir financé en partie l'étude; Kent Brace et James Patterson, SCF, pour avoir permis la poursuite du projet; Dale Caswell, SCF, pour ses conseils en matière de statistique et de programmes; et Hugh Boyd, SCF, pour ses suggestions quant à la rédaction de ce document.

Nous remercions également Robert Jones, Bruce Batt et Peter Ward de la Station de recherche sur les oiseaux aquatiques de Delta pour leur aide financière, leurs conseils et leur encouragement. Des subventions nous sont également venues du Canadian National Sportsman's Show. La Bell Estate nous a permis d'utiliser ses terres, ses bateaux et ses appeaux, et les guides de St. Ambroise nous ont souvent conseillés. Louis Ducharme Sr., guide en chef de la Bell Estate, nous a fait part de ses idées sur l'histoire naturelle des canards et la chasse sportive en général. Nous sommes également reconnaissants à trois assistants, Richard Wishart, Kevin Ward et Valerie Hochbaum, pour leur aide et leur endurance, particulièrement en ces matins d'octobre où le vent était fort et la température sous le point de congélation.

Résumé

La présente étude a été effectuée pour évaluer la chasse aux oiseaux aquatiques et le nombre de prises dans le marais de Delta, au Manitoba, au moyen d'un modèle prédateur–proie modifié, en calculant le nombre de canards et de chasseurs et en étudiant leur comportement. Douze hypothèses ont été formulées pour vérifier les éléments suivants : la vulnérabilité des différentes espèces par rapport à l'effort de chasse, les facteurs déterminants du nombre de prises, les facteurs déterminants de l'effort de chasse, les effets des conditions météorologiques sur les prises, et la sélectivité des chasseurs. Des relevés aériens et des chasses expérimentales ont été menés et nous avons recueilli des statistiques sur les prises effectuées dans les marais de Pasquia et de Delta, au Manitoba, afin d'évaluer les prévisions découlant des hypothèses.

Les données obtenues sur le terrain révèlent que la vulnérabilité des canards est inversement proportionnelle à l'effort de chasse et que les canards sont très prudents lorsque l'effort de chasse est très grand. Les chasseurs étaient plus nombreux lorsque les densités de canards étaient élevées. Les chasseurs n'étaient pas sélectifs et les canards mutilés non récupérés comptaient pour environ le tiers des oiseaux atteints. Les conditions météorologiques ont eu peu d'influence sur les prises. Les canards étaient répartis par groupes. La probabilité pour un canard d'être tué diminuait avec l'augmentation de la taille de la volée. Le temps de manipulation par oiseau abattu n'a pas limité les prises. Le temps qui s'est écoulé entre les contacts était indépendant du nombre de canards. Le rapport entre le nombre des prises et la densité des canards n'était pas linéaire.

Des tests de simulation des différentes possibilités de gestion ont révélé que les récoltes de Canards malards et de Petits Morillons seraient très peu touchées par une intensification de l'effort de chasse, et que la durée de la saison de chasse et le nombre de canards influent beaucoup sur les prises. On recommande d'écourter les saisons de chasse si l'on estime qu'il faut réduire le nombre de prises de Canards malards. La chasse aux Petits Morillons n'exige aucun règlement spécial. La chasse aux Morillons à dos blanc ne devrait s'ouvrir que lorsque le nombre local d'oiseaux est supérieur à 5000 et devrait durer moins de deux semaines.

Le modèle prédateur–proie est recommandé pour analyser les règlements locaux. Des modèles statistiques à variables multiples peuvent être plus utiles au niveau des prévisions régionales.

Introduction et modèle conceptuel

Peu d'essais ont été faits pour transposer le modèle de la prédation entre espèces animales à la prédation exercée par l'homme. Dans ses travaux novateurs sur la réaction fonctionnelle des prédateurs aux différentes densités de proies, Holling (1959*a*, 1966) a élaboré des modèles pour décrire les taux de capture. Walters *et al.* (1973) ont appliqué ces équations aux données provenant d'études effectuées sur le terrain dans le sud-ouest de la Colombie-Britannique, et selon eux, pour que ces modèles soient utiles à la gestion des oiseaux aquatiques, il faudrait poursuivre les recherches sur les éléments de base, en particulier sur l'apprentissage de l'«évitement» chez les canards.

Plusieurs chercheurs ont essayé de prévoir les rendements à long terme des oiseaux aquatiques à l'aide de modèles de dynamique des populations. Geis *et al.* (1969) ont utilisé un modèle de régression multiple pour évaluer les prises permises de Canards malards aux États-Unis. Walters *et al.* (1974) ont introduit de nombreuses relations biologiques dans un modèle continental de Canards malards mais ont constaté que les prévisions avaient peu de valeur parce que nombre de variables et de paramètres ne pouvaient pas être mesurés. Plus récemment, Anderson (1975) et Brown *et al.* (1976) ont essayé de prévoir les prises de Canards malards pour l'Amérique du Nord en utilisant des évaluations approximatives du nombre total d'étangs (indice des étangs du US Fish and Wildlife Service) et un prolongement de l'équation de Beverton et Holt (1957) sur le recrutement et les stocks. Hochbaum et Caswell (1978) ont mis au point des modèles mathématiques des programmes fédéraux de gestion du Canard malard pour chaque province de l'Ouest, et Cowardin et Johnson (1979) ont évalué des programmes de gestion pour des zones locales du centre-nord des États-Unis. Aucun de ces modèles ne traite des interactions comportementales des chasseurs et des canards qui déterminent, au niveau local, l'efficacité des mesures de réglementation (comme les variations de la durée de la saison de chasse et les limites de prises) visant à rationaliser les récoltes à long terme. De plus, ils ne tiennent pas compte de la diversité des espèces chassées; or, les règlements conviennent rarement à toutes ces espèces en même temps.

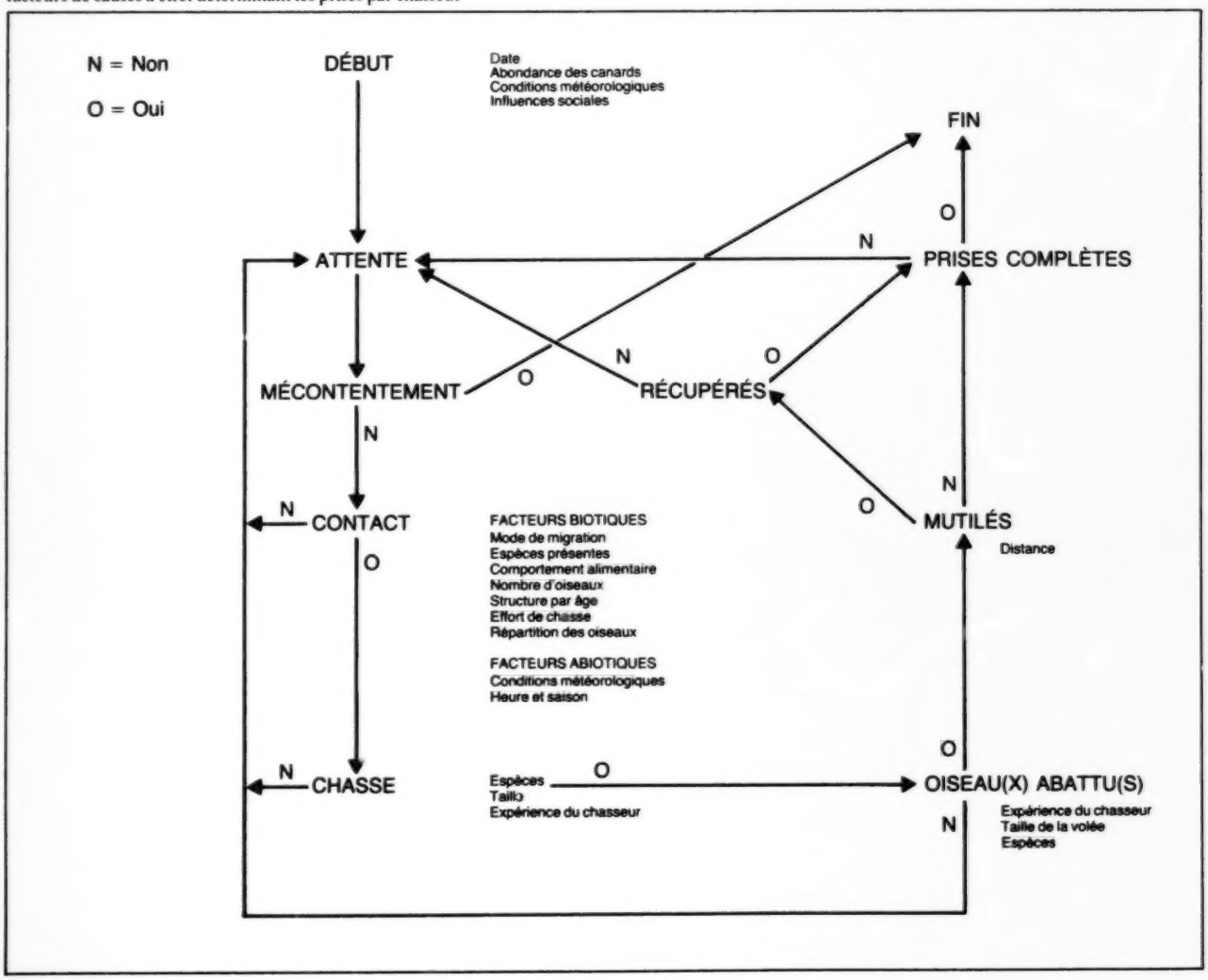
Dans toute l'Amérique du Nord, les règlements de chasse semblent tenir pour acquis que toutes les espèces sont également vulnérables au tir, et la réglementation s'appuie principalement sur la taille des stocks. Toutefois, la plupart des chasseurs savent que leurs chances varient en fonction des espèces présentes, du lieu, de la date et de nombreux autres facteurs. Certaines variations de la vulnérabilité des canards peuvent être attribuables à un comportement d'évitement appris par les oiseaux (Walters *et al.*, 1973).

Nos objectifs étaient les suivants : 1) établir comment les oiseaux aquatiques et les chasseurs interagissent durant la saison de chasse et comment cette interaction influe sur les prises; 2) incorporer nos données recueillies sur le terrain à un modèle proie–prédateur à plusieurs espèces; et 3) étudier les répercussions de nos résultats sur la gestion. Pour atteindre ces objectifs, nous avons mesuré sur place les interactions entre des chasseurs individuels et plusieurs espèces de canards et nous avons appliqué les résultats à des modèles de simulation afin d'établir l'efficacité des règlements. L'étude s'est déroulée en trois étapes. Premièrement, nous avons élaboré un modèle conceptuel de chasse s'appuyant sur les éléments déterminants des prises d'un chasseur; nous nous sommes servi du modèle pour élaborer des hypothèses particulières qui pouvaient être vérifiées sur le terrain. Deuxièmement, nous avons étudié les rapports canards–chasseurs dans le marais de Delta, au centre-sud du Manitoba, entre 1973 et 1977, et dans le marais de Pasquia, au centre-nord du Manitoba, en 1974. Ces deux endroits constituaient d'excellentes zones d'études : les canards y sont nombreux à l'automne et les chasseurs les fréquentent en grand nombre. Finalement, nous avons mis au point un modèle pour la saison, qui permet une analyse générale de nos résultats et aide les gestionnaires à prédire les effets des règlements de chasse sur une base annuelle.

1. Interactions et éléments

En théorie, une étude des canards et des chasseurs devrait comporter des comparaisons contrôlées sur une grande échelle des prises quotidiennes avec la densité des oiseaux et l'effort de chasse quotidiens. Les organismes de réglementation considèrent ce genre d'expériences difficiles à réaliser : elles requièrent beaucoup de personnes et la collaboration non officielle de nombreux chasseurs. Étant donné que l'effort de chasse n'était pas contrôlé et variait de façon irrégulière au point de ne pas fournir nécessairement des contrastes expérimentaux appropriés, nous avons dû construire un modèle à partir d'une étude des facteurs influant sur le succès de la chasse. Premièrement, nous avons étudié comment un chasseur agit lorsqu'il chasse des canards dans un marais. Nous avons créé un modèle conceptuel de chasse aux canards qui montre les chaînes causales des actes du chasseur (figure 1). D'après ce modèle, le début de la chasse dépend de l'abondance du canard, de la date, des conditions météorologiques et de divers facteurs sociaux. Une

Figure 1
Modèle conceptuel des interactions canard–chasseur censé représenter les facteurs de causes à effet déterminant les prises par chasseur



fois dans le marais, le chasseur place des appeaux puis se rend dans une cache située à proximité. Lorsque les canards s'approchent des appeaux, le chasseur doit décider s'il tire ou non. S'il tire, il peut abattre un canard et le mettre dans la gibecière; si l'oiseau est seulement blessé, il peut essayer de s'enfuir. Le chasseur peut alors chercher à le récupérer. Lorsque les prises du chasseur atteignent le maximum de canards morts permis par la loi (la limite quotidienne de prises), la chasse devrait prendre fin. Bien entendu, un chasseur peut partir avant d'avoir atteint le maximum de prises autorisées s'il n'y a pas assez de canards ou s'il fait trop froid.

Dans le cadre du modèle, le taux de contacts pendant la chasse est utilisé comme mesure des possibilités de prises (figure 1). Ce taux reflète la vulnérabilité et peut être modifié par plusieurs variables : comportement alimentaire et migratoire, effort de chasse, nombre d'oiseaux présents, composition des espèces, structure par âge des volées, répartition des oiseaux par rapport aux chasseurs, conditions météorologiques locales, heure du jour et saison. Plusieurs autres éléments influent sur l'issue de chaque contact. La décision que prend le chasseur de tirer ou non peut être liée à l'espèce, à la taille de l'oiseau et à son expérience personnelle. La sélectivité du chasseur influe sur le nombre et la composition des prises quotidiennes. Aucun chasseur ne tue des canards à chaque contact, le succès dépendant de la précision du tireur, de l'éloignement des canards, de la taille de la volée et de l'espèce. Les canards mutilés non récupérés modifient les prises parce qu'ils ne figurent pas dans la gibecière; le temps passé à la recherche des canards mutilés n'est plus disponible pour chasser les autres canards. Certains chasseurs ne cherchent pas les canards mutilés de peur de perdre des occasions de tuer les canards qui passent, attirés ou non par leurs appeaux.

La figure 1 montre comment le rapport entre la densité des canards et le taux de contacts fortuits chasseur–oiseau détermine finalement combien d'oiseaux le chasseur cherchera à abattre et combien il en tuera pendant la période où il est prêt à tirer.

Dans de nombreux pays et depuis des centaines d'années, les chasseurs ont utilisé des appeaux pour exploiter le comportement en volée des canards. Le taux de contacts par canard dépend du mouvement des oiseaux et de leur réaction à l'attraction exercée par les appeaux. Le taux de contacts diminuera si : 1) les oiseaux se déplacent moins ou limitent leurs déplacements aux aires où il n'y a pas d'appeaux, ou 2) les oiseaux sont plus prudents ou moins attirés par les groupes d'appeaux ou de canards vivants.

Les oiseaux aquatiques sont grégaires sauf pendant la saison de la reproduction. Le regroupement en bandes ou en volées facilite la formation de couples à l'automne et à l'hiver (McKinney, 1975), augmente l'efficacité de la recherche de nourriture (Bailey et Batt, 1974), aide à la détection des prédateurs (Powell, 1974; Siegfried et Underhill, 1975) et permet aux oiseaux de se mettre ensemble à l'abri lorsque les vents sont forts et au cours des tempêtes. Les jeunes qui n'ont jamais été dans l'aire d'hivernage se joignent aux volées d'adultes expérimentés lors des migrations automnales (Hochbaum, 1955).

2. Hypothèses

La figure 1 établit les relations de base qui peuvent influer sur les prises, mais elle donne peu de renseignements sur la quantité ou l'importance relative de chaque relation. Par exemple, selon Walters *et al.* (1973), les modes de prises observés dans le sud de la Colombie-Britannique ne peuvent pas être expliqués seulement par l'abondance des canards et le temps de manipulation. Ils sont aussi d'avis que l'apprentissage de l'évitement chez les canards aurait une influence marquante sur le succès du chasseur et que la plupart des règlements de chasse auraient peu d'influence sur les prises locales. Nous avons essayé d'identifier les principaux points obscurs et interactions proposés par le modèle et de les exprimer sous forme de 12 hypothèses à vérifier sur le terrain :

H1. Les canards apprennent par expérience à reconnaître le danger que présentent les caches et les appeaux des chasseurs. La présente hypothèse a été vérifiée par une prévision selon laquelle la vulnérabilité (définie comme la probabilité qu'un canard vienne en contact avec un chasseur et soit abattu) diminue à mesure que l'effort de chasse cumulé augmente au cours de la saison. Ainsi, en novembre, les oiseaux sont prudents et ont modifié leur comportement de façon à éviter : *a*) des objets particuliers comme des caches et des appeaux, ou *b*) des zones de chasse en général.

H2. Le comportement des canards à l'égard des chasseurs est particulier à chaque espèce. Pendant la saison de la chasse, les différentes espèces adoptent divers comportements d'évitement.

H3. Les contacts entre les chasseurs et les canards sont aléatoires mais le taux de contact par chasseur est lié à la taille des populations de canards : les prises et les contacts augmentent de façon linéaire avec le nombre de canards.

H3C. Selon une hypothèse contraire, les oiseaux se tiennent en groupe et les chasseurs cherchent les oiseaux de façon non aléatoire de telle sorte qu'ils ont effectivement accès au même nombre de canards répartis en groupes de tailles très variables.

H4. Le temps nécessaire aux manipulations pour chaque oiseau abattu ou blessé limite le nombre de prises quotidiennes, sauf lorsque les densités d'oiseaux sont très faibles.

H4C. D'autre part, les temps de manipulation sont suffisamment courts pour que ce soient les taux de contact ou les limites de prises établies par les règlements qui déterminent le nombre d'oiseaux capturés par chasseur.

H5. L'effort de chasse est fonction du nombre de canards présents et de la date. Nous avions prévu que l'effort serait plus grand au tout début de la saison, lorsque le nombre de canards est à son maximum.

H5C. Une hypothèse contraire veut que les habitudes de chasse soient assez figées et qu'elles ne s'adaptent pas rapidement aux variations de densité des oiseaux.

H6. La vulnérabilité est liée aux conditions météorologiques locales. Nous avions prévu que le comportement d'évitement serait influencé par le temps qu'il fait. Par exemple, la plupart des chasseurs croient que la chasse au canard est meilleure lorsque le temps est couvert et qu'il vente. Par conséquent, une grande vulnérabilité pourrait être liée aux conditions météorologiques mesurées par une variation de la pression barométrique, de la température, du mouvement de l'air et de l'humidité relative.

H6C. Une autre hypothèse veut que la température locale n'ait aucune influence sur les prises.

H7. Les chasseurs chassent de façon sélective : ils s'abstiennent de tuer certaines espèces de canards.

H7C. Une hypothèse contraire veut que les chasseurs tirent sur tout ce qui vole au-dessus de leur tête.

En plus de vérifier ces 12 hypothèses, nous espérions mieux comprendre l'influence de l'âge des oiseaux sur les prises et établir, par observation directe, le nombre d'oiseaux mutilés non récupérés. Des études (par exemple, Bellrose *et al.*, 1961) ont révélé que les juvéniles sont plus vulnérables au tir que les canards plus âgés. Sowls (1955) a constaté que le

nombre d'oiseaux mutilés non récupérés déclaré par les chasseurs est étonnamment élevé dans le marais de Delta.

Les termes suivants reviennent souvent dans le présent document.

Apprentissage de l'évitement : toute modification acquise du comportement du canard, qui réduit la probabilité qu'il soit tué par un chasseur.

Cache d'espionnage : cache à partir de laquelle le chercheur observe les chasseurs.

Coefficient de vulnérabilité : indice de l'occasion d'abattre des canards, mesuré par le taux hebdomadaire moyen de contact par heure pour une espèce, divisé par l'effectif de cette espèce pour la semaine en question. Le coefficient représente le risque, par heure, pour un oiseau de cette population d'entrer en contact avec un chasseur et représente le taux de recherche réelle (d'après Holling, 1959*a*). Ce coefficient ne doit pas être confondu avec le quotient de vulnérabilité (relative) utilisé par Bellrose *et al.* (1961) comme mesure de la plus grande probabilité des jeunes canards, oies et bernaches d'être tués à cause de leur inexpérience par rapport aux canards plus âgés.

Contact : nombre de canards qui, d'après le chasseur, passent dans son champ de tir (≤35 m), qu'ils soient visés ou non.

Distance de tir : distance maximale à laquelle il est possible de tuer des canards de façon régulière avec un fusil de calibre 12. Cette distance a été évaluée à 35 m par Bellrose (1953). Ces statistiques sont utilisées pour calculer le taux de contact et la sélectivité des chasseurs.

Effort de chasse : indice du nombre d'heures de chasse par semaine, calculé en divisant le nombre de prises hebdomadaires (établi d'après les vérifications des gibecières) par le nombre de canards pris par heure–chasseur (établi par observation dans des caches d'espionnage).

Essais aux appeaux : périodes d'observation pendant lesquelles le chercheur simule une situation de chasse au moyen d'une cache et d'appeaux. La technique est utilisée pour mesurer le degré d'apprentissage de l'évitement. Les oiseaux attirés par les appeaux reçoivent un renforcement négatif si des coups de fusil sont tirés.

Oiseaux mutilés non récupérés : canards qui sont atteints par un coup de fusil, qui ne sont pas tués immédiatement et qui ne sont pas récupérés. La perte est calculée comme étant le rapport entre le nombre d'oiseaux blessés et le nombre d'oiseaux abattus par les chasseurs.

Prise maximale : nombre maximal de canards tués par heure–chasseur.

Probabilité de prises : rapport entre le nombre de canards abattus et le nombre de canards visés.

Sélectivité : pourcentage, par espèce, de canards visés lors d'un contact : [(coups tirés pour une espèce X) / (contacts avec l'espèce X)] × 100.

Taux de contact : nombre d'oiseaux de chaque espèce observés par heure à moins de 35 m d'une cache au cours d'un essai aux appeaux.

Temps de manipulation : temps qu'un chasseur consacre lors de chaque contact à des activités autres que la recherche des proies et le tir proprement dit : temps pris pour recharger le fusil et récupérer les oiseaux abattus. Ce temps, qui ne peut pas être calculé directement, est évalué en soustrayant le temps moyen entre les contacts où il y a tir (sans succès) du temps moyen entre les contacts réussis (oiseaux tués) et le contact suivant.

Virevolte : comportement d'évitement manifesté lorsque les canards détectent la présence d'un chasseur. Lorsqu'ils virevoltent, les canards deviennent des cibles difficiles.

Aires d'études, règlements de chasse et méthodes

1. Le marais de Delta

Le marais de Delta, sur la rive sud du lac Manitoba, est l'un des principaux lieux de chasse aux oiseaux aquatiques des Prairies canadiennes. Une étroite crête de sable couverte de peupliers (*Populus* spp.), de frênes (*Fraxinus* spp.), d'érables (*Acer negundo*) et de saules (*Salix* spp.) sépare les 20 235 ha de terres marécageuses du lac. Au sud de cette crête se trouvent de vastes peuplements de roseaux (*Phragmites communis*) entrecoupés de grandes baies ouvertes ceinturées de joncs (*Scirpus* spp.) et de quenouilles (*Typha* spp.). Le marais est relié au lac par cinq canaux permettant au niveau de l'eau de varier selon les vents sur le lac. Les roseaux sont séparés des limites collinaires par d'immenses prés de *Schlochloa festucacea*. Dans les zones plus sèches, dont certaines servent à la culture du foin et au pâturage des animaux, la *Schlochloa festucacea* est parsemée de laiterons des champs (*Sonchus arvensis*), d'asters (*Aster* spp.), de queue-de-renard (*Hordeum jubatum*), et d'ansérine rouge (*Chenopodeum rubrum*).

Bon nombre de canards, principalement le Canard malard (*Anas platyrhynchos*), le Canard pilet (*Anas acuta*), le Morillon à dos blanc (*Aythya valisineria*), le Morillon à tête rouge (*Aythya americana*), le Petit Morillon (*Aythya affinis*), la Sarcelle à ailes bleues (*Anas discors*), le Canard siffleur d'Amérique (*Anas americana*), le Canard souchet (*Spatula clypeata*) et le Canard chipeau (*Anas strepera*), font halte en avril dans le marais de Delta. Certains y demeurent pour nicher; d'autres continuent leur voyage jusque dans le nord-ouest du Canada. Les grandes baies du marais de Delta, riches en plantes aquatiques émergentes et submergées, continuent de servir de principal lieu de mue aux canards barboteurs qui s'y trouvent en grand nombre de la mi-juin à la mi-août. Les canards plongeurs préfèrent plusieurs des grands lacs du centre-ouest du Manitoba comme lieux de mue. Les canards barboteurs et plongeurs se rassemblent par la suite au marais de Delta qui constitue une aire de repos importante pour eux de la fin août jusqu'au mois d'octobre. Au début du mois d'août, les Canards malards et les Canards pilets adultes sont capables de voler à nouveau, et à leur nombre s'ajoutent les jeunes de l'année. Après la mi-août, des Canards malards et des Canards pilets se rassemblent fréquemment le matin et le soir pour se rendre du marais aux champs de chaume voisins. Les Canards malards restent jusqu'au gel qui survient à la fin d'octobre ou au début de novembre; la plupart des Canards pilets sont déjà partis avant la mi-septembre. En août, des Sarcelles à ailes bleues se rassemblent dans les marelles et les ruisseaux du marais, la plupart des oiseaux partant avant la fin de septembre. Les Morillons à dos blanc et les Morillons à tête

rouge, surtout des jeunes de l'année et des femelles adultes, arrivent vers le 1er septembre et repartent à la mi-octobre. On retrouve fréquemment des Petits Morillons dans les baies jusqu'à la fin d'octobre, avec un peu de Petits Garrots (*Bucephala albeola*) et de Sarcelles à ailes vertes (*Anas crecca*).

Dans la partie est du marais de Delta où nous avons travaillé, la saison de chasse s'est ouverte le 8 octobre en 1973 et le 7 octobre en 1974. La date de fermeture avait été fixée au 1er décembre en 1973 et au 30 novembre en 1974. Pour ces deux années, la chasse a pris fin le 7 novembre lorsque le marais a été complètement gelé. Pendant ces deux années, les limites de prises quotidiennes ont été fixées à six canards, et modifiées par des règlements spéciaux pour certaines espèces. En 1973 et 1974, les prises quotidiennes avaient été fixées à seulement un Morillon à dos blanc ou un Morillon à tête rouge alors que les prises de Canards malards avaient été limitées à trois par jour en 1973, et à deux par jour en 1974. Dans l'ensemble du Manitoba, on avait permis aux chasseurs d'abattre deux Petits Morillons supplémentaires après le 8 octobre 1973, mais cet «extra» n'a pas été autorisé l'année suivante.

En 1975, 1976 et 1977, les limites avaient été fixées respectivement à six, huit et six canards par jour, les prises ne pouvant pas inclure plus de trois Canards malards par jour et un Morillon à dos blanc ou un Morillon à tête rouge. Pour ces trois années, la saison de la chasse s'est ouverte le 6 octobre 1975, le 27 septembre 1976 et le 8 octobre 1977, et s'est terminée à l'englacement qui est survenu pendant la deuxième semaine de novembre dans les trois cas.

2. Le marais de Pasquia

Les 1820 ha du marais de Pasquia sont situés dans le nord du Manitoba, à environ 32 km au sud-ouest de Le Pas. Les fossés de drainage relient les 65 ha de plans d'eau dégagés au centre du marais à un canal conduisant dans la rivière Le Pas. Les limites extérieures du marais de Pasquia sont peuplées surtout de saules, de spartine (*Spartina* spp.) et de roseaux. On trouve au coeur du marais des îlots de quenouilles et de scirpe aigu (*Scirpus acutus*) avec des myriophylles (*Myriophyllum* spp.) comme principales plantes submergées.

Le marais de Pasquia, limité au nord et à l'ouest par des terres agricoles, est très fréquenté en août et en septembre par les Canards malards et les Canards pilets qui se nourrissent dans les champs. Les canards plongeurs sont plutôt rares dans le marais, préférant les grands lacs de la région de Le Pas, qui offrent des lits très denses de potamot pectiné (*Potamogeton pectinatus*).

En 1974, la chasse s'est ouverte le 9 septembre et a pris fin le 30 novembre dans le marais de Pasquia. Les limites quotidiennes de prises et les restrictions étaient les mêmes que celles en vigueur au marais de Delta : six canards dont un maximum de deux Canards malards et un Morillon à dos blanc ou un Morillon à tête rouge.

On a étudié la chasse dans ce marais en 1974 seulement, afin de comparer la vulnérabilité des canards entre cet endroit et le marais de Delta. Comme tous les canards ont quitté le marais 5 jours après l'ouverture de la chasse, une comparaison complète a été impossible.

Bien que nous n'ayons pas pu vérifier les 12 hypothèses par manipulation directe des oiseaux et des chasseurs, nous savions que les conditions naturelles engendraient des modifications radicales de ces variables au cours de chaque saison de chasse, de telle sorte qu'une surveillance appropriée permettrait d'obtenir certains des contrastes nécessaires. Nos travaux sur le terrain avaient les objectifs suivants :

1. recueillir des renseignements sur la vulnérabilité des canards selon l'espèce, l'âge et leur expérience des chasseurs dans différentes conditions météorologiques;

2. évaluer les effectifs et déterminer les espèces de canards présentes, et étudier leur comportement à l'automne; et

3. mesurer l'effort de chasse et observer le comportement des chasseurs (taux d'oiseaux blessés, sélectivité, temps de manipulation) à différentes périodes pendant la saison de chasse.

3. Essais aux appeaux

Nous avons eu recours aux essais aux appeaux pour évaluer les effets de la densité des chasseurs, de la composition des espèces et de l'âge des canards présents et des conditions météorologiques sur la vulnérabilité. Teplov et Kartashev (1957), Olson (1965), Stott et Olson (1972) ainsi que Alford et Bolen (1977) ont également utilisé cette technique.

En 1973 et 1974, nos essais ont commencé une semaine avant l'ouverture de la saison de chasse et se sont poursuivis jusqu'au gel. Nous avons utilisé 30 appeaux. Au marais de Delta, nous avons placé 10 appeaux de Morillon à dos blanc, 10 de Canard malard et 10 de Petit Morillon, les espèces les plus fréquemment abattues. Au marais de Pasquia, nous avons utilisé seulement des appeaux de Canard malard, cette espèce étant la seule présente en nombre suffisant. Nos caches d'observations étaient toujours situées dans des aires publiques de tir, dans des baies abritées ou sur les côtés sous le vent des pointes, lieux fréquentés habituellement par les canards pour se nourrir ou se reposer. Lorsque les canards s'approchaient de nos appeaux, l'un de nous tirait pour éviter que les oiseaux ne s'y habituent. Nous avons observé les chasseurs et les canards lorsqu'ils étaient le plus actifs, soit du lever du soleil jusqu'à 9:00 (HNC) et de 15:00 (HNC) jusqu'au coucher du soleil. Du lever au coucher du soleil, la lumière était suffisante pour permettre l'identification des canards. Au début de chaque essai aux appeaux, nous avons consigné l'ennuagement et la vitesse du vent. Nous avons également noté la pression barométrique et l'humidité relative tous les jours, habituellement à 6:00 et à 17:00 (HNC) afin d'établir leur effet sur la vulnérabilité. Pendant les essais aux appeaux, nous avons enregistré l'heure de chaque contact, les espèces et le nombre d'oiseaux de chaque volée, ainsi que la distance minimale entre la cache et les oiseaux. Nous avons installé les appeaux à des endroits précis de la cache afin de faciliter l'évaluation des distances.

Pendant la période des essais, un coefficient de vulnérabilité a été établi pour chaque espèce chaque semaine en divisant le nombre de prises possibles par heure (nombre d'oiseaux s'approchant à moins de 35 m) pour chaque espèce par le nombre total d'oiseaux de cette espèce dans le marais. Bien que la portée d'un coup de fusil puisse être supérieure à 35 m, nous avons choisi cette valeur comme distance de vulnérabilité, étant donné qu'un canard passant à moins de 35 m peut être abattu à tout coup (Bellrose, 1953). Par exemple, si 80 Canards malards passaient à moins de 35 m de la cache pendant une période de 20 h d'observation, le taux de contact serait de 4 oiseaux par heure. S'il y avait 1000 Canards malards dans le marais pendant cette période, le coefficient de vulnérabilité serait 4 divisé par 1000, soit 0,004. L'indice représente le risque par heure par oiseau dans une population donnée passant à portée de tir et est propre à l'espèce. D'après notre modèle, la vulnérabilité pourrait varier en fonction de l'endroit, de la date, de l'effort de chasse, de l'apprentissage de l'évitement et du comporte-

ment de la volée. La vulnérabilité est également liée au sexe dans le cas du Morillon à dos blanc et du Canard pilet (Olson, 1965; Alford et Bolen, 1977) et à la structure par âge de la population (Bellrose *et al.*, 1961). Nous n'avons pas essayé de mesurer les différences de réaction des mâles et des femelles à l'égard de nos appeaux, étant donné que dans ces conditions, il était souvent difficile de départager les juvéniles des femelles. Les rapports de juvéniles et d'adultes dans les prises ont été établis en examinant les prises des chasseurs et utilisés pour évaluer les différences de vulnérabilité liées à l'âge. Nous avons recueilli ces données chaque semaine au marais de Delta et lors de la journée d'ouverture de la chasse dans le cas du marais de Pasquia en 1974.

4. Inventaires aériens

Au marais de Delta, le personnel de la Station de recherche sur les oiseaux aquatiques a effectué des relevés aériens toutes les semaines et évalué la taille de la population et la composition en espèces des zones à l'étude. Les vols étaient effectués sur des trajectoires est-ouest à une altitude de 30 m, et commençaient à 9:00 (HNC) une fois que les canards étaient revenus des champs de chaume où ils s'alimentaient. Seuls étaient dénombrés les oiseaux à moins de 200 m du côté où était l observateur. Ces dénombrements ont été extrapolés afin d'obtenir une évaluation pour l'ensemble du marais.

Lorsqu'il était impossible de déterminer l'espèce, on indiquait s'il s'agissait de canards barboteurs ou plongeurs. Des évaluations particulières ont été ajustées au besoin pour les oiseaux non identifiés à l'aide de la formule suivante :

$$X = \frac{S}{P}$$

$$Y = X \cdot R, \text{ et}$$

$$T = Y + S$$

dans laquelle :

- X = nombre de canards identifiés appartenant à une espèce (S) divisé par le nombre de canards identifiés simplement comme barboteurs ou plongeurs (P)
- Y = total pour une espèce, corrigé à partir de la catégorie des oiseaux non identifiés
- R = nombre total d'oiseaux barboteurs ou plongeurs non identifiés
- T = évaluation ajustée de chaque espèce

En plus des dénombrements hebdomadaires de population, le personnel de la station a effectué quatre relevés en 1973 afin d'établir les modes de répartition des canards dans le marais de Delta. Six transects couvrant à la fois les aires de tir et les refuges ont été survolés, l'emplacement de tous les canards observés a été pointé sur des cartes, et le pourcentage du total des canards utilisant les refuges a été calculé. Ces relevés ont été effectués à 9:00 (HNC) à une altitude de 100 m.

Nous avons fait des relevés aériens du marais de Pasquia trois jours avant l'ouverture de la chasse ainsi que les troisième et sixième jours de chasse. Le relevé a porté sur l'ensemble du marais, et a livré un dénombrement exhaustif.

5. Caches d'espionnage et effort de chasse

Parce qu'il est possible que la chasse simulée ne soit pas représentative, nous avons également surveillé : 1) des chasseurs à partir des caches d'espionnage, et 2) analysé l'ensemble des données sur l'effort de chasse et les captures recueillies au marais de Delta de 1975 à 1977. Nous avons observé et évalué les prises à partir de caches d'espionnage situées à environ 90 m des chasseurs qui ne semblaient pas être conscients d'être observés. Nos caches et nos appeaux étaient authentiques et Walters tirait de temps à autre comme s'il chassait. Toutes nos observations ont porté sur des aires publiques de tir. Aux périodes de pointe, comme pendant la semaine d'ouverture et les jours de congé, nous pouvions observer trois caches de chasse à partir de la nôtre. La plupart du temps, un seul groupe de chasseurs était visible. Nous observions la chasse complète de chaque groupe aussi souvent que les conditions météorologiques le permettaient. Nous avons observé 179 heures–chasseur en huit semaines réparties sur trois saisons de chasse.

Nous avons enregistré le sort de tous les canards qui passaient à portée de tir (35 m) et tous les contacts au cours desquels les oiseaux passant au-delà ont été abattus. Nous nous sommes servis de ces données pour déterminer la sélectivité des chasseurs.

Pour chaque période d'observation, nous avons noté l'espèce, l'heure, la taille de la volée, la distance à laquelle les oiseaux se trouvaient des fusils, le nombre d'oiseaux pris, ainsi que le nombre d'oiseaux mutilés non récupérés, calculé en divisant le nombre d'oiseaux mutilés par le nombre d'oiseaux abattus et mutilés.

Avec la collaboration du personnel de la Station de recherche sur les oiseaux aquatiques de Delta, nous avons effectué un relevé des canards pris par les chasseurs à Delta en 1973 et en 1974. Nous nous sommes également procuré des ailes chaque semaine auprès des pourvoyeurs et des chasseurs. Chaque semaine, nous avons calculé l'indice de l'effort de chasse en divisant le nombre de canards pris par le nombre de canards récupérés par heure–chasseur tel que nous l'avons observé à partir des caches d'espionnage. L'indice représente l'effort de chasse par heure–chasseur.

En 1975, 1976 et 1977, le gouvernement du Manitoba a surveillé l'effort de chasse et les prises de canards au marais de Delta au moyen de relevés aériens et de vérification des prises. Trois relevés ont été effectués par semaine et le nombre de chasseurs a été évalué en dénombrant les groupes de chasseurs et en multipliant ce chiffre par le nombre moyen de chasseurs par groupe. Les vols commençaient à 8:00 (HNC) à une altitude de 350 m. Le nombre de canards tués dans le marais (pour chaque espèce) a été évalué en multipliant le nombre de chasseurs par le nombre moyen de prises de chaque espèce dans les gibecières inspectées au cours de ces années. Nous avons utilisé ces chiffres d'effort de chasse et de prises pour tous les calculs effectués pour les années 1975 à 1977.

Résultats

À Delta, à l'automne, le nombre de canards a beaucoup varié de 1973 à 1977 (figure 2). Le maximum enregistré, près de 100 000 oiseaux le 17 septembre 1973, était attribuable en grande partie à l'abondance du Canard malard. Tous les ans, de 1973 à 1977, l'effectif de canards diminuait pendant la saison de chasse.

Les heures–chasseur en 1973 et 1974 et le nombre de chasseurs en 1975, 1976 et 1977 ont fluctué dans le sens de l'effectif des canards. L'effort de chasse était maximal au début de toutes les saisons de chasse, et diminuait avec le départ des canards (figure 3).

Parce que le nombre d'oiseaux était élevé et l'effort de chasse intense au début de la saison et que ces valeurs diminuaient rapidement à mesure que la saison avançait, nos observations comportaient une vaste gamme de degrés d'abondance d'oiseaux aquatiques et de niveaux d'effort de chasse. La corrélation étroite entre ces variables a rendu difficile la distinction entre les effets du comportement migratoire, des modes d'alimentation et des conditions météorologiques.

1. Vulnérabilité

Pendant les deux années d'essais aux appeaux, nous avons réussi à attirer 6904 canards de 11 espèces. Nos résultats portent principalement sur le Canard malard, le Morillon à dos blanc et le Petit Morillon, espèces les plus fréquentes au marais de Delta pendant la période d'étude.

Le Morillon à dos blanc et le Petit Morillon ont manifesté moins de prudence à l'égard des chasseurs et des appeaux que les Canards malards (tableaux 1 et 2).

Figure 2
Populations de canards au marais de Delta en automne pendant les saisons de 1973 à 1977, établies par des relevés aériens

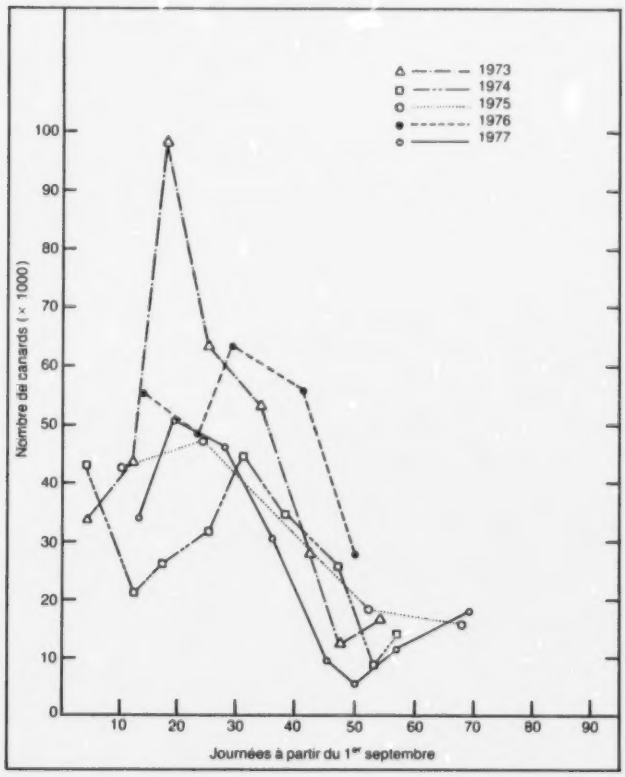
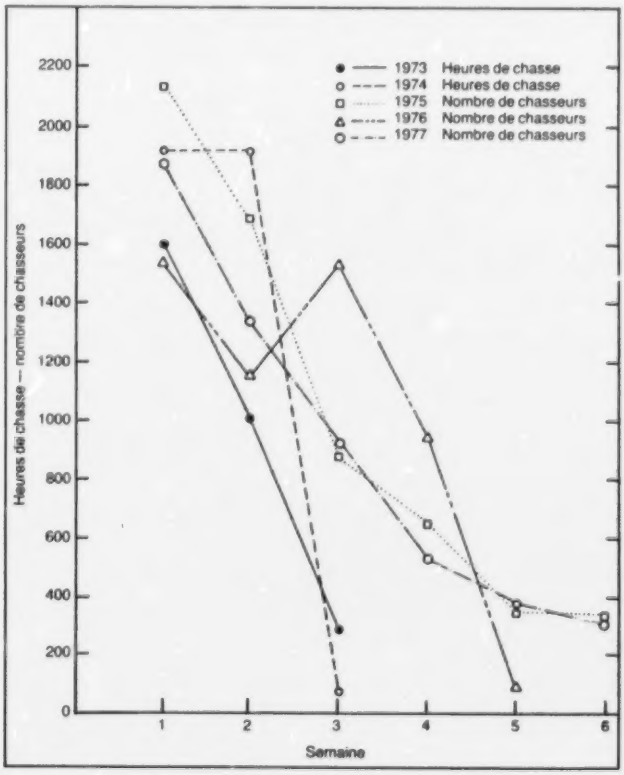


Figure 3
Heures–chasseur estimatives chaque semaine pendant les saisons de chasse de 1973 et 1974, et nombre estimatif de chasseurs par semaine, en 1975, 1976 et 1977



Nous avons calculé par régression les coefficients de vulnérabilité pour le Canard malard, le Morillon à dos blanc et le Petit Morillon par rapport à l'effort (log en base$_{10}$ d'heures de chasse par semaine) afin de vérifier l'hypothèse (H1) selon laquelle la vulnérabilité diminue à mesure que l'intensité cumulative de la chasse augmente. Étant donné que la corrélation était positive, indiquant une vulnérabilité accrue avec un effort cumulatif accru, nous avons rejeté l'hypothèse. Toutefois, la vulnérabilité et l'effort de chasse étaient en corrélation négative pour le Canard malard ($R^2 = 0{,}60$, dl 4, $0{,}10 > p > 0{,}05$, $\hat{y} = 0{,}00264 - 0{,}0007x$) et pour le Petit Morillon ($R^2 = 0{,}74$, dl 4, $0{,}05 > p > 0{,}02$, $\hat{y} = 0{,}0142 - 0{,}0042x$). Pour le Morillon à dos blanc, la corrélation était presque nulle ($R^2 = 0{,}03$). Il semble que la vulnérabilité soit inversement proportionnelle à l'effort de chasse et nous concluons que : 1) la prudence à court terme (quotidienne) du Canard malard et du Petit Morillon croît avec les contacts avec de nombreux chasseurs, et 2) le niveau de prudence décroît en même temps que le nombre de contacts. Si l'évitement est appris, il n'est pas retenu durant toute une saison de chasse ou il est masqué par des modifications comportementales qui surviennent au cours de l'automne. Dans un cas comme dans l'autre, l'apprentissage de l'évitement ne protège pas les oiseaux lorsque l'intensité de la chasse est faible, à la fin de la saison.

Les canards plongeurs ont besoin de plans d'eau libre; le Canard malard et les autres barboteurs s'adaptent à des habitats beaucoup plus variés. Les Canards malards du marais de Delta flânent sur les rives protégées (où la chasse n'est pas pratiquée) du lac Manitoba et traversent le marais matin et soir pour aller se nourrir dans les champs. En période de chasse intensive, les canards volent en général au-delà de la portée des fusils. Les Morillons à dos blanc restent dans le marais pendant toute la durée de leur séjour à Delta; les Petits Morillons parcourent fréquemment la distance entre le marais et les plans d'eau. Aucun des canards plongeurs ne fréquente les champs de chaume.

À Pasquia, les Canards malards flânent dans le marais entre les périodes où ils vont se nourrir dans les champs; ils sont très vulnérables tout au long de la journée. Lorsque la pression de la chasse est constante, les Canards malards désertent Pasquia après la première semaine de chasse pour se rendre à des lacs isolés inaccessibles aux chasseurs.

En plus du coefficient de vulnérabilité, nous avons mesuré la vulnérabilité en faisant le rapport du nombre de canards attirés à moins de 35 m de notre cache sur le nombre

Tableau 1
Résultats de 36,8 h d'essais aux appeaux pendant la saison de 1973

Période d'échantillonnage	Espèce	Taille de la population*	Oiseaux à <35 m†	Nb. total d'oiseaux qui ont réagi‡	Pourcentage d'oiseaux vulnérables§	Nb. d'oiseaux vulnérables par heure‖	Coefficient de vulnérabilité¶ ($\times 10^{-3}$)
1–6 octobre	Canard malard	17 036	32	51	63	3,56	2,1
	Petit Morillon	3 454	90	111	81	10,00	28,9
	Morillon à dos blanc	26 189	163	218	75	18,10	6,9
8–13 octobre	Canard malard	4 163	18	57	32	1,22	2,9
	Petit Morillon	6 017	64	67	96	4,32	7,2
	Morillon à dos blanc	11 442	56	106	53	3,78	3,3
15–19 octobre	Canard malard	3 630	34	78	44	3,40	9,3
	Petit Morillon	4 276	82	105	78	8,20	19,1
	Morillon à dos blanc	410	34	61	56	3,40	82,9
23–26 octobre	Canard malard	6 851	19	33	58	2,44	3,6
	Petit Morillon	6 993	60	64	94	7,69	11,0
	Morillon à dos blanc	888	10	10	100	1,28	14,4

*À partir de relevés aériens.
†Oiseaux attirés à ≤35 m lors des essais aux appeaux.
‡Nombre total d'oiseaux attirés par les appeaux lors des essais aux appeaux.
§Pourcentage du nombre total d'oiseaux qui étaient à ≤35 m lors des essais aux appeaux.
‖Nombre d'oiseaux à ≤35 m divisé par le nombre d'heures d'observation.
¶Nombre d'oiseaux vulnérables par heure divisé par l'effectif.

Tableau 2
Résultats de 45,6 h d'essais aux appeaux pendant la saison de 1974

Période d'échantillonnage	Espèce	Taille de la population*	Oiseaux à <35 m†	Nb. total d'oiseaux qui ont réagi‡	Pourcentage d'oiseaux vulnérables§	Nb. d'oiseaux vulnérables par heure‖	Coefficient de vulnérabilité¶ ($\times 10^{-3}$)
30 septembre –4 octobre	Canard malard	32 866	195	221	88	11,18	3,4
	Petit Morillon	978	50	50	100	3,27	35,2
	Morillon à dos blanc	10 216	169	200	85	11,05	10,8
7–10 octobre	Canard malard	25 025	102	254	40	9,36	3,7
	Petit Morillon	7 475	14	14	100	1,28	1,7
	Morillon à dos blanc	1 679	79	98	81	7,25	43,2
12–17 octobre	Canard malard	20 521	49	75	65	5,38	2,6
	Petit Morillon	1 877	23	23	100	2,53	13,5
	Morillon à dos blanc	759	54	54	100	5,93	78,1
19–24 octobre	Canard malard	5 529	91	137	66	8,83	15,9
	Petit Morillon	533	43	135	32	4,17	78,2
	Morillon à dos blanc	1 023	47	58	81	4,56	44,5

*À partir de relevés aériens.
†Nombre d'oiseaux attirés à ≤35 m lors des essais aux appeaux.
‡Nombre total d'oiseaux attirés par les appeaux lors des essais aux appeaux.
§Pourcentage du nombre total d'oiseaux qui étaient à ≤35 m lors des essais aux appeaux.
‖Nombre d'oiseaux à ≤35 m divisé par le nombre d'heures d'observation.
¶Nombre d'oiseaux vulnérables par heure divisé par l'effectif.

de ceux qui s'en sont approchés. En 1974, au marais de Pasquia, 91,6 % (329/359) des Canards malards attirés par les appeaux lors de nos essais étaient vulnérables avant la période de chasse. Pendant la première semaine de chasse, le pourcentage de Canards malards vulnérables est passé à 67,8 % (720/1062). Après la première semaine, il n'y avait plus aucun oiseau.

En 1973, à Delta, 63 % des Canards malards étaient vulnérables pendant la semaine qui précédait l'ouverture de la chasse. Ce pourcentage est passé à 32 % au cours de la première semaine de chasse et a atteint 58 % durant la troisième semaine (tableau 1). En 1974, 88 % des Canards malards étaient vulnérables pendant la semaine qui précédait l'ouverture de la chasse (tableau 2). Avant la fin de la première semaine de chasse, ce pourcentage est passé à 40 %. Le pourcentage de vulnérabilité a atteint 65 % pendant la deuxième semaine de chasse et s'est maintenu pendant toute la saison.

Il se peut que certains Canards malards aient quitté Delta après le début de la chasse, comme cela s'est produit à Pasquia, mais nous n'avons pas été en mesure d'observer ce phénomène. Il se peut également qu'ils n'aient pas quitté Delta parce qu'il y a, à cet endroit, des zones où les chasseurs ne se rendent pas, ce qui n'est pas le cas à Pasquia.

En 1973, 75 % des Morillons à dos blanc étaient vulnérables avant l'ouverture de la saison de chasse, pourcentage qui est passé à 53 % pendant la première semaine de chasse. Au cours de la dernière semaine de chasse, ce pourcentage est passé à 100 % (tableau 1). En 1974, le taux de vulnérabilité des Morillons à dos blanc était de 85 % pendant la semaine précédant l'ouverture de la saison de chasse. Pendant la première semaine de chasse, ce pourcentage a baissé de 4 % pour atteindre 81 %, pour ensuite remonter à 100 % pendant la deuxième semaine de chasse (tableau 2).

Le Petit Morillon était le canard qui était le plus vulnérable pendant la saison de chasse de 1973 (tableau 1). En 1974, 100 % des oiseaux étaient vulnérables avant l'ouverture de la chasse et 32 % l'étaient pendant la dernière semaine (tableau 2).

On constate que les Canards sont sensibles aux chasseurs et que l'évitement joue un rôle dans leur survie lorsqu'ils fréquentent des marais où la chasse est intense. Les plongeurs, peut-être parce qu'ils s'adaptent moins facilement et parce que leurs principales aires d'alimentation et de repos sont concentrées dans des zones de chasse, demeurent très vulnérables pendant toute la saison de chasse.

L'évitement est un comportement appris pour une courte période et la prudence acquise ne persiste pas pendant tout l'automne proportionnellement à l'intensité de l'effort de chasse. Au début, il se peut que les canards évitent les caches et les chasseurs, peut-être en réaction au bruit des coups de feu, bruit auquel ils s'habituent graduellement. Il est possible que les oiseaux aient besoin de se nourrir plus abondamment quand la saison avance (il fait plus froid et les besoins caloriques peuvent augmenter), de sorte que leur plus grande vulnérabilité proviendrait d'une recherche plus intense de nourriture.

La vulnérabilité est en corrélation négative avec l'abondance des oiseaux; elle était maximale lorsque le nombre des oiseaux était petit. Ces résultats étaient inattendus. Voici les raisons possibles de cette relation : 1) les besoins en nourriture peuvent être plus grands vers la fin de l'automne, poussant les oiseaux à aller se nourrir près des zones de chasse; 2) la présence d'un plus grand nombre relatif de jeunes, plus vulnérables, plus tard dans la saison; et 3) l'arrivée d'oiseaux peu farouches provenant de régions sauvages du nord où l'on ne pratique pas la chasse.

Les relevés aériens de 1973 révèlent que tous les canards quittent les zones de chasse à mesure que la saison avance; les Canards malards et les autres barboteurs partent les premiers et en plus grand nombre. Outre la rive du lac, le marais de Delta compte deux autres refuges. Le nombre relatif de canards dans ces aires hors d'atteinte des chasseurs a augmenté régulièrement pendant la saison de chasse à mesure que la pression cumulative de la chasse augmentait (tableau 3).

L'âge des canards peut aussi être un élément important de leur vulnérabilité. Pendant la première semaine de chasse (du 9 au 14 septembre 1974), à Pasquia, la vulnérabilité du Canard malard était de $25{,}3 \times 10^{-4}$. À Delta, pendant la première semaine de chasse (du 7 au 12 octobre 1974), cette vulnérabilité était de $3{,}7 \times 10^{-4}$. À Pasquia, l'examen des prises de la journée d'ouverture a révélé un rapport adulte–juvénile de 1:23,8, alors que dans le marais de Delta, pendant la semaine d'ouverture, le rapport était de 1:1,7. Pour que la comparaison des données soit plus juste, les coefficients de vulnérabilité pour les deux aires ont été ajustés en fonction de l'étendue des marais : on a divisé le nombre de canards par hectare par le taux de contacts par heure pour la période d'étude. Le coefficient ajusté pour le Canard malard était de 46,01 à Pasquia contre 7,56 à Delta, ce qui indique que les canards étaient six fois plus vulnérables à Pasquia qu'à Delta pendant la première semaine de chasse. Ces différences s'expliquent par la proportion plus importante de jeunes dans les populations nordiques. Ces résultats limités corroborent les observations de Bellrose *et al.* (1961) selon lesquelles les populations composées en grande partie de juvéniles sont plus vulnérables que les rassemblements d'adultes. Bellrose *et al.* ont constaté une diminution progressive du rapport de vulnérabilité juvénile–adulte chez les Canards malards mâles (de 6,5:1 pendant la première semaine de chasse à 1,5:1 vers la fin de la saison, à Havana, dans l'Illinois).

Les conditions météorologiques ont eu peu d'effets sur les coefficients de vulnérabilité pour le Canard malard, le Petit Morillon et le Morillon à dos blanc. Pour chacune des espèces, nous avons testé la variable dépendante (vulnérabilité pour chaque période d'essai aux appeaux) par analyse de régressions multiples par rapport aux variables

Tableau 3
Proportion de canards utilisant les refuges du marais de Delta pendant le mois d'octobre, selon les relevés aériens de 1973

Date	Nb. d'oiseaux dans les refuges	Nb. total de canards observés	Nb. cumulatif d'heures–chasseurs	Pourcentage de canards dans les refuges
7 octobre	310	4080	1606	8
13 octobre	680	4970	2635	14
18 octobre	260	1185	2931	22
20 octobre	220	590	2931	37

Tableau 4
Résumé des rapports *F* découlant de l'analyse de régression de la vulnérabilité en fonction de variables météorologiques choisies (dl 32, $F = 4{,}15$ lorsque $p<0{,}05$)

Espèce	Variable météorologique			
	Pression barométrique	Humidité relative	Ennuagement	Vitesse du vent
Canard malard	0,94	0,93	4,08	5,65
Petit Morillon	1,95	0,04	1,43	0,30
Morillon à dos blanc	0,11	0,06	0,73	0,22

indépendantes suivantes : pression barométrique, humidité relative, ennuagement et vitesse du vent. La seule corrélation significative a été trouvée entre la vitesse du vent et la vulnérabilité du Canard malard; lorsque les vents sont élevés, le Canard malard est moins prudent à l'égard des chasseurs (tableau 4).

2. Sélectivité des chasseurs et prises observées

À partir de nos caches d'espionnage, nous avons observé 61 groupes de chasseurs au cours des années 1973, 1974 et 1977 dans le marais de Delta et accumulé des observations sur 179 heures–chasseur. Les chasseurs étaient peu sélectifs et n'ont laissé passer que 39 occasions d'abattre des canards au cours de 267 contacts (tableau 5). Ils ont laissé passer des Sarcelles à ailes vertes, des Sarcelles à ailes bleues et des Petits Garrots plus souvent que les gros canards ($\chi^2 = 20{,}2$, dl 1, $p<0{,}05$). Pour les 11 espèces, la corrélation entre la sélectivité des chasseurs et la grosseur du canard, représentée par le poids moyen de l'adulte mâle (Bellrose, 1976), était de 0,765, $p<0{,}01$. Les oiseaux récupérés par heure et le nombre total de canards abattus par heure variaient d'une semaine à l'autre en 1973 et 1974 (tableau 6). Le taux le plus élevé d'oiseaux récupérés à l'heure s'élevait à 2,85 et le plus grand nombre de canards abattus (tués et mutilés) était de 4,0. Pendant la plupart des semaines, moins d'un canard par heure–chasseur était récupéré, ce qui laisse supposer que peu de chasseurs capturaient tous les canards auxquels ils avaient droit en une seule sortie de chasse. Les prises brutes par heure–chasseur étaient de 0,91 en 1973 et de 0,79 en 1974. En divisant les prises moyennes quotidiennes par chasseur par ces valeurs, on obtient une évaluation du temps moyen par sortie de chasse, soit 1,63 h en 1973 et 1,75 h en 1974 (tableau 7).

Les observations faites à partir des caches d'espionnage sont corroborées par la vérification des prises faite à Delta (tableau 7). Au cours des cinq années d'étude, les prises moyennes des chasseurs étaient inférieures à deux canards, sauf en 1976 où les prises moyennes quotidiennes étaient de 2,78. Le nombre moyen de canards était considérablement inférieur à la limite de prises quotidiennes (tableau 7).

Tableau 5
Sélectivité des chasseurs, par espèce, déterminée d'après des observations faites dans le marais de Delta en 1973, 1974 et 1977

Espèce	Poids moyen des mâles adultes, en kg	Volées totales à <35 m	Volées à <35 m sur lesquelles on a tiré	Volées à <35 m sur lesquelles on n'a pas tiré	Pourcentage de canards atteints
Sarcelle à ailes vertes	0,32	23	16	7	69,6
Sarcelle à ailes bleues	0,46	38	27	11	71,0
Petit Garrot	0,52	18	13	5	72,2
Canard souchet	0,68	9	8	1	88,9
Canard siffleur	0,82	9	8	1	88,9
Petit Morillon	0,83	30	25	5	83,3
Canard chipeau	0,97	4	3	1	75,0
Canard pilet	1,03	8	8	0	100,0
Morillon à tête rouge	1,11	18	16	2	88,9
Canard malard	1,24	76	74	2	97,4
Morillon à dos blanc	1,25	34	30	4	88,2
Total		267	228	39	85,4

Tableau 6
Prises observées, prises par heure–chasseur, effort estimatif et taille de la population dans le marais de Delta en 1973 et 1974

	Semaine de la saison					
	1		2		3	
Année	1973	1974	1973	1974	1973	1974
Prises totales observées*	2 088	1 382	896	808	195	205
Prises/heure†	1,30	0,72	0,87	0,42	0,66	2,85
Nb. total de canards abattus/heure†	3,10	1,10	1,70	0,85	1,30	4,00
Effort (heures totales)‡	1 606	1 919	1 029	1 924	296	72
Taille de la population	27 747	36 605	11 695	25 025	15 574	8 350

*À partir du dénombrement des prises.
†À partir des caches d'espionnage.
‡Calculé par le nombre total de prises observées/(prises/heures).

Tableau 7
Prises effectuées par les chasseurs dans le marais de Delta, déterminées par la vérification des gibecières, de 1973 à 1977

Date	Nb. de chasseurs vérifiés	Canards dans les gibecières	Canards–chasseur	Heures–chasseur	Limite des prises quotidiennes permises
1973	968	1437	1,48	1,63	8
1974	555	765	1,38	1,75	6
1975	994	1755	1,77		6
1976	419	1165	2,78		8
1977	797	969	1,22		6

Tableau 8
Probabilité pour les oiseaux d'être abattus ou blessés, en fonction de la distance des caches des chasseurs, dans le marais de Delta (1973, 1974)

	Nb. total d'oiseaux visés à <35 m	Oiseaux abattus à <35 m	Probabilité de mortalité	Nb. total d'oiseaux visés à >35 m	Oiseaux abattus à >35 m	Probabilité de mortalité
1973	525	92	0,17	328	48	0,15
1974	166	56	0,34	309	25	0,08
Total	691	148	0,21	637	73	0,11

3. Temps de manipulation

Nous avons soustrait le temps moyen entre un contact non réussi (oiseau sur lequel on a tiré) et le contact suivant du temps moyen entre un contact réussi et les contacts suivants, pour obtenir une mesure du temps de manipulation. À n'importe quel moment entre un contact non réussi et le contact suivant, on présume que les chasseurs sont prêts à tirer de nouveau sur les canards. Le temps écoulé entre un contact où un canard est tué et le contact suivant, quand le chasseur est prêt à faire feu, comprend une période pendant laquelle le chasseur est dans l'impossibilité de tirer. Nous supposons que la différence entre ces deux taux de contact représente le temps pendant lequel un chasseur recharge son fusil, recherche les oiseaux mutilés ou récupère des oiseaux abattus.

Nous avons observé 3796 min de temps de manipulation. Le temps moyen entre un contact non réussi et le contact suivant était de 9,31 min ($S^2 = 23{,}79$) alors que le temps moyen entre un contact où des oiseaux sont abattus et le contact suivant était de 9,29 min ($S^2 = 17{,}42$). D'après ces résultats, le temps de manipulation n'a aucun effet important, étant donné que les deux périodes de rajustement sont essentiellement les mêmes et que l'écart entre les deux n'est pas vraiment mesurable. Ainsi, les chasseurs ne recherchent pas les oiseaux blessés, ne récupèrent pas les canards ou ne relâchent pas d'une façon quelconque leur vigilance lorsqu'ils ont la possibilité d'abattre d'autres oiseaux. Le temps de manipulation n'entraîne pas de relation non linéaire entre l'effort de chasse et les captures.

4. Rapport entre la taille de la volée et la probabilité de mortalité

La probabilité pour les canards d'être blessés ou abattus (rapport entre les oiseaux blessés ou abattus et les oiseaux sur lesquels on a tiré) était de 0,21 lorsqu'ils passaient à moins de 35 m d'un chasseur et de 0,11 lorsqu'ils passaient à plus de 35 m (tableau 8). Ces valeurs ne sont pas ajustées à la taille de la volée et ne tiennent pas compte du nombre de chasseurs présents. Les résultats changent énormément lorsque la probabilité de mortalité est mise en relation avec la taille de la volée (figure 4*a*). Ici, le risque pour un canard d'une volée d'être tué est calculé par le rapport entre les oiseaux tués et ceux de chaque catégorie sur lesquels on a tiré. D'après les données, la probabilité de mortalité diminue avec l'augmentation de la taille de la volée. Toutefois, un chasseur n'a pas moins de chance d'atteindre un oiseau lorsqu'il le vise dans une grande volée. Nous avons ajusté ces données en calculant la mortalité par chasseur (figure 4*b*). Nous avons divisé le nombre moyen de coups tirés par chasseur, pour des volées d'une taille donnée, par le nombre de coups nécessaires pour abattre un oiseau appartenant à une volée de cette taille; cela nous a donné le nombre de contacts nécessaires pour abattre un oiseau, valeur que nous avons ensuite multipliée par la taille de la volée (voir les notes en bas du tableau 9). Le taux de mortalité est donc la réciproque du nombre d'oiseaux nécessaires par chasseur pour abattre un seul canard.

La taille de la volée est un élément de la vulnérabilité parce que la probabilité de mortalité pour chaque individu diminue à mesure que le nombre de ses congénères augmente. De petites volées de cinq canards ou moins se sont approchées des appeaux beaucoup plus souvent au cours de nos essais. En ce qui concerne les petites volées de Petits Morillons, 76 % des contacts en 1973 et 94 % en 1974 ont eu lieu à moins de 35 m. Pour les petites volées de Morillons à dos blanc, les rapports sont de 79 % en 1973 et de 87 % en 1974, et pour les petites volées de Canards malards, de 65 % en 1973 et de 73 % en 1974.

À partir des caches d'espionnage, nous avons constaté que la taille moyenne des volées était inférieure à trois individus pour toutes les espèces, sauf pour le Petit Morillon

Figure 4
a) Probabilité de mortalité par rapport à la taille de la volée déterminée à partir des caches d'espionnage au marais de Delta en 1973 et 1974, et *b*) rapport entre la probabilité de mortalité et la taille de la volée établi à partir des caches d'espionnage au marais de Delta en 1973 et 1974 (données ramenées à un chasseur)

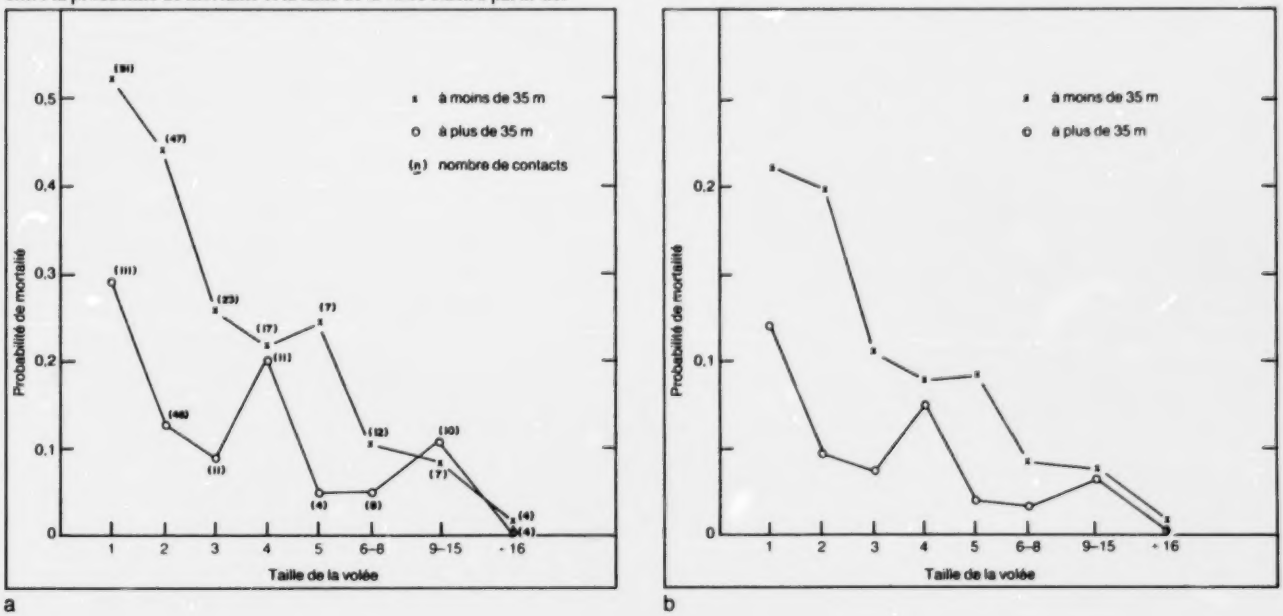


Tableau 9
Calculs* de la probabilité qu'un chasseur abatte un oiseau, en fonction de la taille de la volée et du nombre de chasseurs

Taille de la volée	Nb. de volées	Nb. d'oiseaux abattus	Nb. possible d'oiseaux disponibles	Pourcentage des canards qui peuvent être abattus	Nb. de coups de feu tirés	Nb. moyen de chasseurs présents par contact	Nb. moyen de coups de feu tirés par contact par chasseur (1)	Coups de feu tirés par oiseau abattu (2)	Nb. moyen de coups de feu tirés par contact	Nb. de contacts pour abattre un oiseau (3)	Nb. d'oiseaux pour un oiseau abattu (4)	Probabilité qu'un chasseur abatte un oiseau, % (5)
1	91	47	91	52,7	213	2,5	0,94	4,4	2,3	4,7	4,7	21,3
2	47	38	94	40,4	117	2,0	1,23	3,1	2,5	2,5	5,0	20,0
3	23	18	69	26,1	51	2,5	0,89	2,8	2,2	3,1	9,3	10,8
4	17	15	68	22,1	51	2,3	1,21	3,4	3,0	2,8	11,2	8,9
5	7	9	35	25,7	48	2,9	2,40	5,3	6,9	2,2	11,0	9,1

*Exemple avec une volée de 2 canards. Si 1,23 coup de feu a été tiré par contact (1) et 3,1 (2) coups de feu étaient nécessaires pour abattre un oiseau, 3,1/1,23 = 2,5 (3), c.-à-d. le nombre de contacts nécessaires pour abattre un canard. La taille de la volée multipliée par le nombre de contacts donne le nombre de canards (4). La probabilité qu'un chasseur abatte un canard est la raison inverse de (4) = (5).

Tableau 10
Taille moyenne des volées de canards attirées par les appeaux et probabilité de mortalité basée sur la taille de la volée

	1973				1974			
Espèce	$\bar{x}$	n	ET	Probabilité de mortalité à <35 m	$\bar{x}$	n	ET	Probabilité de mortalité à <35 m
Sarcelle à ailes bleues	1,48	35	0,18	0,19	1,00	7	trace	0,21
Petit Garrot	2,20	41	0,24	0,16	1,89	38	0,17	0,18
Morillon à dos blanc	2,83	366	0,16	0,15	2,76	209	0,22	0,15
Canard chipeau	1,90	71	0,19	0,17	1,95	86	0,15	0,18
Sarcelle à ailes vertes	1,90	30	0,40	0,17	1,37	38	0,11	0,20
Petit Morillon	2,90	209	0,20	0,14	4,79	62	1,47	0,08
Canard malard	2,53	389	0,17	0,16	2,71	313	0,25	0,15
Canard pilet	1,58	109	0,14	0,19	1,75	48	0,19	0,18
Morillon à tête rouge	2,00	57	0,24	0,18	1,58	82	0,14	0,19
Canard souchet	1,64	28	0,33	0,19	1,21	71	0,06	0,20
Canard siffleur	1,79	53	0,15	0,18	1,40	35	0,13	0,20

(4,79 en 1974, tableau 10). Par régression de la probabilité de mortalité par rapport à la taille des volées de un à cinq oiseaux, on a calculé la probabilité de mortalité pour les volées moyennes (tableau 10). Le rapport linéaire entre la mortalité et la taille de la volée pour les oiseaux passant à moins de 35 m des caches des chasseurs était significative ($R^2 = 0,83$, dl 3, $p<0,05$, $\hat{y} = 0,25 - 0,0355x$). La probabilité de mortalité propre à chaque espèce, pour la volée moyenne, a été calculée à partir de l'équation linéaire (tableau 10).

La taille des volées de Canards malards a augmenté à mesure que la saison avançait. Nous avons fait une régression de l'effectif moyen des volées par semaine par rapport à l'effort de chasse cumulatif pour le Canard malard afin de voir si les modifications pouvaient expliquer le rapport entre la vulnérabilité et l'effort de chasse. La prévision soumise au test était que l'effectif moyen des volées augmenterait à cause des avantages dont bénéficient les individus appartenant à des volées plus grandes. Nous n'avons pas trouvé de corrélation ($R^2 = 0,27$, $p<0,05$, dl 4); ces données portent à croire que l'augmentation de l'effectif des volées n'est pas forcément en réponse à l'effort de chasse et n'est pas suffisant pour expliquer le rapport observé entre l'effort de chasse et la vulnérabilité.

5. Rapport densité–prises

Dans une relation prédateur–proie simple, les contacts avec la proie devraient être proportionnels à l'abondance de celle-ci (Holling, 1957*b*). Nous avons donc établi une régression des taux de contacts lors des essais aux appeaux par rapport à l'effectif afin d'établir si les prises étaient liées à l'effectif chez les trois espèces et si le taux de contacts pouvait être considéré comme aléatoire. La corrélation était positive en ce qui concerne le Canard malard ($R^2 = 0,34$, dl 4, $p>0,05$) mais ne l'était pas dans le cas du Morillon à dos blanc ou du Petit Morillon. D'après ces résultats, les prises sont en fonction non linéaire de la densité même si l'on ne tient pas compte des effets du temps de manipulation.

Le fait de tirer pour éviter que les oiseaux ne s'habituent à nos caches lors des essais aux appeaux peut avoir biaisé l'analyse : les observations peuvent comprendre un temps de manipulation artificiel associé à chaque volée lorsqu'on a tiré. Ceci entraînerait un mode de contact saturé (non linéaire), conformément au modèle établi par l'équation du disque de Holling (1959*a*).

Nous avons analysé en outre nos données sur les caches d'espionnage afin de savoir si le temps entre les contacts était indépendant de l'effectif. Nous avons calculé le temps moyen entre les contacts lorsque des coups de fusil ont été tirés pour des périodes où l'effectif avait été dénombré en 1973, 1974 et 1977. La régression du temps entre les contacts par rapport à l'effectif a produit une faible corrélation négative et une pente presque nulle ($\hat{y} = 10,867 - 0,00007x$, $R^2 = 0,12$, $p>0,05$). Nous avons constaté que le temps entre les contacts est indépendant de l'effectif et qu'il y a une période de rajustement relativement constante après un coup de fusil. Le temps entre les contacts est limité par le comportement des oiseaux; une période de rajustement doit s'écouler après un coup de fusil avant que les canards reviennent de nouveau près de la source des coups de feu. Cette période d'environ 9 min ferait que le nombre de prises du chasseur serait non linéaire en fonction du temps. Il s'agit du résultat le plus probable, étant donné que les canards ne sont actifs que pendant de courtes périodes à certaines heures du jour.

6. Analyse des captures

Afin d'étudier plus à fond les rapports entre les prises, l'effectif des canards et l'effort de chasse, nous avons effectué une analyse à variables multiples des dénombrements et des prises de 1975, 1976 et 1977. Le tableau 11 donne l'effectif estimatif, le nombre des prises et le nombre des chasseurs. Nous avons ajusté le nombre des chasseurs en fonction des heures de recherches effectives par sortie de chasse. Pour l'analyse, nous avons supposé que les chasseurs passaient 2 h à chasser activement les canards lors de chaque sortie. En 1973 et 1974, nous avons constaté que la durée moyenne de la chasse était approximativement de cette longueur. Un modèle simple qui représente les contraintes fondamentales et les relations non linéaires possibles du phénomène de la chasse serait le suivant :

$$k = \mathrm{x}\, N^{\alpha} E^{\beta}$$

où k = les prises, N = l'effectif, E = l'effort de chasse, et x, α et β sont des constantes ajustées. Le rapport fonctionnel de non-linéarité des prises par chasseur sera indiqué par $\alpha \neq 1,0$. En passant aux logarithmes, on obtient une équation de forme linéaire à variables multiples :

$$\hat{Z} = \log \mathrm{k} = \mathrm{x} + \alpha \log N + \beta \log E$$

Pour le Canard mallard, l'équation est très significative ($R^2 = 0,83$, dl 7, $p<0,05$), ce qui porte à croire qu'il existe un rapport significatif entre les prises, le nombre de Canards malards et l'effort de chasse. L'équation résultant

de l'analyse pour le Canard malard était la suivante : $\hat{Z} = -0{,}575 - 0{,}19\,(\log N) + 1{,}1\,(\log E)$. Pour le Petit Morillon, le rapport était significatif [$R^2 = 0{,}67$, dl 7, $p<0{,}05$, $\hat{Z} = -11{,}9 + 0{,}46\,(\log N) + 1.8\,(\log E)$]. Les prises de Morillon à dos blanc étaient aussi en corrélation avec l'effort de chasse et l'effectif [$R^2 = 0{,}87$, dl 5, $p<0{,}05$, $\hat{Z} = 8{,}5 + 0{,}19\,(\log N) + 1{,}6\,(\log E)$]. Donc, le modèle logarithmique choisi, qui relie les prises avec l'effectif et l'effort de chasse, convient aux trois espèces. En outre, les valeurs de α étaient toutes inférieures à 1,0, conformément à une réponse fonctionnelle non linéaire de saturation par chasseur en accord avec les résultats expérimentaux aux appeaux et les vérifications des prises. β était toujours supérieur à 1,0, ce qui porte à croire que les chasseurs augmentaient mutuellement leurs chances de trouver des oiseaux.

7. Répartition de l'effort de chasse

Chaque année, les effectifs de canards et l'effort de chasse diminuaient à mesure que la saison avançait. En 1973 et 1974, on a observé une corrélation linéaire positive entre le nombre d'heures de chasse par semaine et les effectifs de canards, pour chaque semaine ($R^2 = 0{,}74$, dl 4, $\hat{y} = 208{,}3 + 0{,}065x$, $p<0{,}05$). Pour les saisons de chasse de 1975, 1976 et 1977, le rapport entre le nombre de chasseurs et le nombre de canards était également significatif ($R^2 = 0{,}70$, dl 9, $p<0{,}05$, $\hat{y} = 374{,}9 + 0{,}025x$).

Pendant toute la période d'étude comprise entre 1973 et 1977, l'effort de chasse diminuait à mesure que la saison avançait. Ce phénomène peut être lié à l'arrivée du froid, ou peut simplement signifier que les chasseurs se désintéressaient de la chasse.

8. Oiseaux mutilés non récupérés

Les oiseaux mutilés non récupérés compliquent l'étude du comportement des chasseurs. Nous avons constaté que les pourcentages d'oiseaux mutilés non récupérés étaient semblables pendant les deux premières années : 38,6 % en 1973, 33,3 % en 1974 (moyenne de 36,7 %). Le pourcentage d'oiseaux mutilés était significativement élevé (53,4 %) pour les oiseaux passant à plus de 35 m d'un chasseur par rapport à ceux passant à moins de 35 m (28,4 %, $X^2 = 13{,}21$, dl 1, $p<0{,}05$). Le pourcentage d'oiseaux mutilés non récupérés a été légèrement modifié (35,6 %) par l'inclusion des données de 1977 (tableau 12).

Tableau 11
Nombre estimatif de prises, effectif et nombre de chasseurs à Delta pour certaines semaines en 1975, 1976 et 1977

	Canard malard		Petit Morillon		Morillon à dos blanc		
Semaine	Prises estimatives	Effectif*	Prises estimatives	Effectif*	Prises estimatives	Effectif*	Nb. estimatif de chasseurs
1975							
6–11 octobre	1151		819		376		2145
13–18 octobre	447		668		507		1691
20–25 octobre	365	4 848	259	7 408	191	2 584	879
27 octobre–1 novembre	493		445		158		647
3–8 novembre	163	4 656	144	8 312	15	768	340
10–15 novembre	180		94		9		326
1976							
27 septembre–2 octobre	1265	9 185	1244	4 286	454	19 069	1543
4–9 octobre	333		454		126		1149
11–16 octobre	506	7 807	1395	21 235	236	18 400	1530
18–23 octobre	655	8 634	1144	12 864	171	2 235	944
25–30 octobre	100		3		2		89
1977							
3–8 octobre	733	15 484	666	7 939	216	3 167	1879
10–15 octobre	518	4 064	671	5 064	148	18†	1342
17–22 octobre	553	3 754	524	1 426	58	115	919
24–29 octobre	327	2 592	499	8 084	20	40	536
31 octobre–5 novembre	506		370		12		372
7–12 novembre	94	14 648	7	3 208			310

*Nombre estimatif de l'effectif.
†Données non incluses dans l'analyse.

Tableau 12
Oiseaux mutilés non récupérés par rapport à la distance des caches des chasseurs, dans le marais de Delta (1973, 1974, 1977)

	<35 m			>35 m			Total		
Année	Oiseaux abattus	Oiseaux mutilés	Oiseaux mutilés parmi les oiseaux abattus, %	Oiseaux abattus	Oiseaux mutilés	Oiseaux mutilés parmi les oiseaux abattus, %	Oiseaux abattus	Oiseaux mutilés	Oiseaux mutilés parmi les oieaux abattus, %
1973	65	27	29,3	21	27	56,3	86	54	38,6
1974	41	15	26,8	13	12	48,0	54	27	33,3
1977							23	9	28,1
Total 1973,1974	106	42	28,4	34	39	53,4	140	81	36,7
Total 1973,1974,1977							163	90	35,6

Analyse

Holling (1959*b*) a indiqué que les composantes secondaires de la prédation comme les caractéristiques des proies influent sur la réaction fonctionnelle de base des prédateurs à la densité des proies. D'après lui (1966), l'apprentissage de l'évitement explique, entre autres, pourquoi le nombre de proies capturées diminue lorsque la densité de celles-ci augmente.

En apprenant à éviter certaines situations, les canards augmentent leurs chances de survie en présence des chasseurs. Melzack (1961) a découvert que les jeunes Canards malards sont déjà habitués à la présence de prédateurs types. Hochbaum *et al.* (1954) ont constaté que les canards qui se nourrissent dans les champs apprennent à éviter les épouvantails qui sont souvent déplacés. Dans certains cas, des coups de fusil avaient été tirés afin d'améliorer l'efficacité des épouvantails; toutefois, aucun canard n'avait été abattu. Selon Thorpe (1963), la réaction des proies face aux prédateurs n'est pas instinctive; les proies réagissent plutôt à un stimulant nouveau, intense ou soudain.

Le processus d'apprentissage de l'évitement est lié à divers facteurs. L'expérience dépend de l'âge de l'oiseau et de ses contacts avec les chasseurs. Nous prévoyions que la vulnérabilité des oiseaux diminuerait à mesure que les contacts avec les chasseurs s'accumuleraient. Au début, nous pensions aussi que les coups de feu accéléreraient l'apprentissage de l'évitement. Cela est vrai pour le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) qui devient moins vulnérable à mesure que la chasse s'intensifie (Roseberry et Klimstra, 1974). Toutefois, nous avons observé que la vulnérabilité des canards est reliée à l'effort de chasse. Dans la région de Delta, une chasse intense se pratique au début de la saison; la prudence des canards est maximale après la première journée de chasse. Leur vulnérabilité augmente ensuite à mesure que la saison avance.

À petite échelle, les Canards malards et les Petits Morillons apprennent à se méfier des chasseurs tapis dans les caches. Les individus et les volées ne tardent pas à associer certaines parties du marais à l'activité bruyante des chasseurs. Peu après l'ouverture de la chasse, ces deux espèces évitent d'aller se nourrir ou se reposer à proximité des aires de tir et leur vulnérabilité est faible pendant la première semaine. À plus grande échelle, certains canards apprennent à éviter les aires de chasse à Pasquia et à Delta et fréquentent des secteurs inaccessibles aux chasseurs. Une étude biotélémétrique d'oiseaux bagués au Minnesota a révélé que les oiseaux aquatiques s'assemblent en groupes plurispécifiques qui évitent les aires de chasse et limitent leurs déplacements lorsque la chasse est intense (Kirby *et al.*, 1976).

Notre hypothèse selon laquelle la vulnérabilité des canards est liée à l'effort de chasse est corroborée par Bellrose (1944) dont les recherches ont indiqué que les prises quotidiennes totales en Illinois ont augmenté pour ensuite diminuer ou rester stationnaires dans plusieurs cas. Selon lui, les marais peuvent accueillir un nombre limité de chasseurs, nombre au-delà duquel les interférences et les coups de feu tirés de trop loin sont si nombreux qu'ils peuvent entraîner une baisse des prises. Bellrose a également observé que plus le nombre de chasseurs est faible, plus le nombre de canards abattus est élevé. Bergerud *et al.* (1968) ont remarqué qu'à Terre-Neuve, le succès remporté par les chasseurs d'orignal (*Alces alces*) est inversement proportionnel à la densité des chasseurs.

Tableau 13
Influences possibles des variables indépendantes sur les prises de canards, selon les prévisions de trois modèles

	Modèle		
Variable	Modèle linéaire	Modèle prédateur–proie de type 2 de Holling	Modèle logarithmique des prises totales
Taux de contact ou de prises	Pente constante en fonction du temps	Taux de contact non constant	Régression cologarithmique X
Taille de la population	Prises proportionnelles à l'abondance des canards	Autres espèces présentes influençant le temps de manipulation	$\alpha<1$ signifie 1) masses d'oiseaux 2) effet du temps de manipulation
Effort de chasse	Prises proportionnelles au nombre de chasseurs	Vulnérabilité en fonction de l'effort	$\beta>1$ signifie que les chasseurs s'entraident $\beta<1$ signifie une interférence entre les chasseurs

L'analyse de la vulnérabilité des canards peut suivre trois modèles : le modèle linéaire, le modèle prédateur–proie et le modèle logarithmique des prises totales (tableau 13). Le premier modèle suppose des contacts aléatoires, ce qui n'est pas le cas à Delta. Le deuxième modèle (Holling, 1959*a*,*b*) suppose que les caractéristiques des proies, qui réduisent les risques de capture (par exemple, l'apprentissage de l'évitement chez les canards), et les caractéristiques des prédateurs (par exemple, le «temps de manipulation»), limitent le nombre total des prises. Nos données qui associent la vulnérabilité à l'effort de chasse viennent appuyer ce dernier modèle.

Une analyse plus approfondie peut être faite en utilisant les coefficients de régression du troisième modèle. Pour

les Canards malards, α est beaucoup plus petit que 1 ($t = 5{,}9$, dl 7, $p<0{,}05$), ce qui indique une relation non linéaire entre les prises et la taille de la population. Cela prouve que les chasseurs ne tirent pas au hasard et que la distribution des oiseaux est contagieuse. Par ailleurs, le temps de manipulation a des effets importants, le temps perdu pour chaque contact étant assez long pour limiter les prises. Ceci est particulièrement vrai lorsque les canards ne volent que pendant de courtes périodes chaque jour. Le coefficient de régression β presque égal à 1 ($t = 0{,}54$, dl 7, $p>0{,}05$) indique qu'il n'y aurait aucune interférence entre les chasseurs. Cela peut également signifier que notre hypothèse reliant la vulnérabilité des oiseaux à l'effort de chasse est erronée et que l'accroissement de la vulnérabilité au cours de la saison est dû à un changement intrinsèque du comportement des oiseaux ou à la réduction de la taille de la population.

Dans le cas des Petits Morillons, l'écart de α est inférieur à 1 mais n'est pas significatif ($t = 1{,}18$, dl 7, $p>0{,}05$). Le coefficient de régression β est un peu supérieur à 1 mais n'est pas significatif ($t = 1{,}572$, dl 7, $p>0{,}05$).

Pour le Morillon à dos blanc, le coefficient de régression α est beaucoup plus petit que 1 ($t = 6{,}4$, dl 5, $p<0{,}05$), ce qui suggère un effet du temps de manipulation ou des recherches non aléatoires associé à la répartition en grappes des canards. Le coefficient β est égal à 1 ($t = 1{,}3$, dl 5, $p>0{,}05$), ce qui indique qu'il n'y a aucune interférence entre les chasseurs.

Dans l'ensemble, les coefficients de régression montrent que la vulnérabilité peut résulter d'un comportement intrinsèque, comme la formation de volées liée à l'augmentation des besoins alimentaires prémigratoires. Cette analyse révèle qu'il n'y a eu aucune interférence entre les chasseurs. Dans le cas des Petits Morillons, les chasseurs peuvent s'entraider en effrayant les oiseaux d'un endroit à un autre. En conclusion, l'évitement, tel qu'il a été observé à Delta, est un comportement à court terme des canards effrayés par le tir nourri des chasseurs au début de la saison.

Le modèle statistique des données sur la vérification des prises confirme l'hypothèse que la distribution contagieuse des oiseaux et la recherche non aléatoire des chasseurs donnent lieu à une relation de saturation entre les prises et l'effectif. Notre analyse des données recueillies à partir des caches d'espionnage indiquerait que le temps moyen entre les contacts est indépendant de la densité des canards, compte tenu de la phase de rajustement qui succède à chaque tir. Le temps de manipulation ne pose aucune contrainte aux chasseurs et n'a aucune répercussion sur le nombre de prises.

Nous avons observé que plusieurs espèces s'approchent de diverses façons de la zone dangereuse pour les canards, soit à moins de 35 m des chasseurs. Le Canard malard, le plus prudent des canards à Delta, est très répandu en Amérique du Nord. La population du Morillon à dos blanc, canard moins prudent et plus facile à abattre, a diminué au cours des dernières années. Nous pensons que des réactions différentes à la présence de chasseurs est l'une des raisons qui expliquent le succès relatif des Canards malards. D'après Stott et Olson (1972), les différences dans l'effectif de trois espèces de canards de mer sur la côte de la Nouvelle-Angleterre sont attribuables à des différences de vulnérabilité au moment de la chasse.

La plupart des chasseurs pensent que les canards se laissent plus facilement attirer par des appeaux par temps nuageux, venteux et pluvieux, mais nous n'avons trouvé qu'une faible relation entre les conditions météorologiques et la vulnérabilité des oiseaux. La seule relation valable a été trouvée entre la vitesse des vents et la chance d'abattre un Canard malard. D'après nous, le temps automnal a peu d'influence sur la vulnérabilité des trois espèces. En revanche, Koerner *et al.* (1974) ont observé que le nombre de Bernaches du Canada (*Branta canadensis*) abattues est lié de façon significative à la pression barométrique et à la température.

La sélectivité des chasseurs peut être influencée par les caractéristiques du vol des différentes espèces. Par exemple, les chasseurs seront moins portés à viser les Sarcelles à ailes vertes, les Sarcelles à ailes bleues et les Petits Garrots que les canards plus gros. Boyd (1971) a fait des observations semblables pour les petits canards de l'Est du Canada. L'élément de surprise favorise les canards de plus petite taille. Ces derniers attirent moins l'attention des chasseurs et leur aisance en vol leur pemet de faire volte-face et de plonger vers les appeaux. Les chasseurs tirent rarement sur des canards qui se comportent ainsi ou qui arrivent derrière eux.

La densité et la qualité de la nourriture de remplacement ou «espèces tampons» (Leopold, 1933) et le consentement du prédateur à exploiter d'autres proies sont des variables qui conditionnent le nombre des prises. La réaction fonctionnelle de la proie principale peut être plus lente lorsque les espèces tampons augmentent en nombre et en qualité gustative (Holling, 1966). Dans ce cas, la sélectivité des chasseurs a un impact important sur le nombre de prises et leur composition en espèces. Nous avons observé que les chasseurs abattent surtout des espèces de grande taille, mais nous ignorons si ce choix est délibéré ou attribuable à des différences physiques (taille, vitesse et aisance en vol) ou éthologiques entre les espèces. Rien ne prouve que les petits canards soient des espèces tampons.

Nous avons remarqué que les chasseurs visent les canards sans distinction même lorsque des règlements protègent certaines espèces comme le Morillon à dos blanc. Geis et Crissey (1973) ont fait les mêmes observations dans leur étude du «système de points» en vigueur aux États-Unis. Dans les États qui appliquent ce système, la limite des prises quotidiennes dépend du nombre de points attribués à chaque espèce (parfois différent selon le sexe) en fonction de sa rareté. Par exemple, si un chasseur abat un Morillon à dos blanc ou un Morillon à tête rouge, il ne peut tuer qu'un autre canard au cours de la journée et doit interrompre la chasse s'il a déjà abattu d'autres canards. Geis et Crissey ont noté que les chasseurs tiraient sur 90 % des volées de Morillons à tête rouge ou de Morillons à dos blanc.

Ce manque de sélectivité de la part des chasseurs influe sur les méthodes de gestion. Un grand nombre d'États et de provinces ont tenté de protéger certaines espèces en limitant le nombre des prises quotidiennes. Toutefois, les chasseurs continuent de tirer sur les canards protégés par la loi (présente publication, et Hochbaum et Caldwell, 1977). La plupart d'entre eux semblent incapables d'identifier les espèces en vol (Evard, 1970).

Nos hypothèses reliant la probabilité de mortalité à la taille de la volée corroborent celles de Olson (1965) et de Boyd (1971), qui ont montré que la probabilité pour un canard d'être abattu décroît lorsque la taille de la volée augmente. D'après Powell (1974), les gros rassemblements protègent efficacement les oiseaux contre les prédateurs. Il a montré que les Étourneaux sansonnets (*Sturnus vulgaris*) regroupés en troupes nombreuses repèrent les prédateurs plus rapidement que des étourneaux solitaires. Siegfried et Underhill (1975) ont tiré une conclusion semblable pour les Tourterelles rieuses (*Streptopelia senegalensis*). Nous avons noté que lorsqu'un canard virevolte, toute la volée le suit, même si tous les oiseaux n'ont pas détecté notre présence. Ce comportement social a une très grande importance pour la

survie des canards. Lorsqu'ils virevoltent, les oiseaux s'éloignent rapidement du danger et deviennent des cibles plus difficiles.

Les pertes totales par mutilation (35,6 %) sont plus élevées que celles déjà dénombrées dans l'Est du Canada par Boyd, en 1971 (24,8 %), et aux États-Unis par Bellrose, en 1953 (22,5 %), et par Geis et Crissey, en 1973 (16 %). Sowls (1955) a interrogé des chasseurs expérimentés du marais de Delta à la fin des années 1940 et a trouvé 36 % d'oiseaux mutilés (394 canards sur 705 abattus), proportion voisine de la nôtre (35,6 %).

En résumé, la vulnérabilité des canards n'est pas reliée à l'effort de chasse cumulatif, mais à l'effort de chasse ponctuel. Les résultats ne sont pas définitifs toutefois, car la vulnérabilité augmente à mesure que la saison avance et que les populations diminuent. D'autres recherches devront être faites afin d'évaluer les effets des besoins alimentaires prémigratoires, de l'âge, et des voies de migration sur la vulnérabilité. Pour ce faire, il faudra faire appel au marquage de couleur ou à la radio-télémétrie.

Tel que prévu, nous avons noté des différences dans le degré de vulnérabilité des espèces. Les prises n'étaient pas en relation linéaire avec l'effectif des canards; par conséquent, les chasseurs doivent donc ne pas rechercher les canards au hasard. Le temps de manipulation par oiseau abattu ou mutilé n'est pas assez long pour limiter les prises quotidiennes et la période entre les contacts est indépendante de l'effectif des canards, ce qui produit un modèle de saturation pour les captures. Nous avons démontré l'existence d'une corrélation entre l'effort de chasse et l'abondance des oiseaux, mais elle est peut-être due uniquement à la tradition, au temps froid et au manque d'intérêt. Les chasseurs eux-mêmes pourraient nous renseigner davantage sur la façon dont ils répartissent leurs efforts. Contrairement à une croyance répandue parmi les chasseurs, la vulnérabilité des canards n'est pas reliée aux conditions météorologiques locales. Bien que les politiques de gestion des espèces supposent que les chasseurs peuvent identifier les espèces, ceux-ci ne sont pas sélectifs, même si la loi l'exige.

Compte tenu de nos ressources limitées, du fait que les canards n'étaient pas bagués et, dans certains cas, de la petite taille des échantillons, la présente étude comporte certaines lacunes. Nous avons regroupé les espèces pour certains calculs. De plus, nous avons supposé que les techniques d'inventaire ont été utilisées de façon uniforme.

Plusieurs postulats non vérifiés sont inclus dans l'étude. Par exemple, nous avons supposé un effectif constant pendant toute une semaine dans le calcul du coefficient de vulnérabilité. En outre, la distance entre les canards et nos caches ne pouvait être qu'estimative, soit inférieure ou supérieure à 35 m. Nous avons supposé que l'erreur d'évaluation des distances était constante, car les estimations ont été faites par le même observateur au cours des deux années. Nous avons également supposé que le coefficient est indépendant de l'effectif et s'applique seulement aux différences de comportement pour la période considérée. Le risque qu'un oiseau soit abattu par un chasseur est également considéré comme homogène pour toute la période sur laquelle le coefficient est calculé. Les calculs ne tiennent pas compte de l'accoutumance ni de l'âge. Nous avons supposé que les oiseaux ne se sont pas habitués à nos caches parce que nous avons fourni un renforcement négatif lors des essais aux appeaux. Ni l'accoutumance ni l'âge ne peuvent être considérés dans le calcul du coefficient de vulnérabilité puisque la population n'a pas été baguée.

Pour calculer l'effort de chasse, nous avons supposé que l'effort par oiseau abattu était constant d'une semaine à l'autre et que l'échantillon était assez grand pour qu'on puisse considérer que l'habileté des chasseurs était constante. De plus, nous avons supposé que les chasseurs utilisent les mêmes techniques d'une année à l'autre. Enfin, les valeurs obtenues sont un indice de l'effort de chasse.

Lorsque nous avons calculé les pertes par mutilation et la probabilité de mortalité, nous avons regroupé des espèces parce que les échantillons étaient trop petits. Nous avons donc supposé que les pertes par mutilation et la probabilité de mortalité étaient identiques pour toutes ces espèces.

Les relevés aériens ont posé plusieurs problèmes. Il a été impossible de répéter les dénombrements, de sorte que la précision de l'échantillonnage n'a pas été mesurée. Nous supposons que tous les oiseaux présents le long des transects ont été recensés et que la méthode convient aux espèces présentes. Nous avons réparti les oiseaux non identifiés dans les différentes espèces au prorata de leur effectif dénombré. De plus, les relevés aériens ne donnent aucune indication sur le taux de remplacement des oiseaux abattus ou partis pour le Sud des oiseaux nouvellement arrivés.

Modèle mathématique du chasseur

1. Base mathématique

Les interactions entre les oiseaux et les chasseurs sont complexes pendant chaque saison de chasse. La modélisation est un moyen de représenter cette complexité et de répondre à des questions comme celles-ci : Si la vulnérabilité des oiseaux diminue lorsque l'effort de chasse augmente, est-il nécessaire de réglementer l'effort de chasse, et si oui, comment peut-on atteindre des quotas de prises précis? Quels sont les effets des variations de l'abondance d'une espèce sur une autre espèce, compte tenu que l'accroissement de l'effort de chasse est proportionnel à la densité des espèces combinées et que la disponibilité accrue d'autres espèces peut réduire la pression sur l'espèce considérée? Les données que nous avons recueillies sur le terrain ne pourront être utilisées par les gestionnaires à moins qu'elles ne soient reliées entre elles dans un modèle global de prévision.

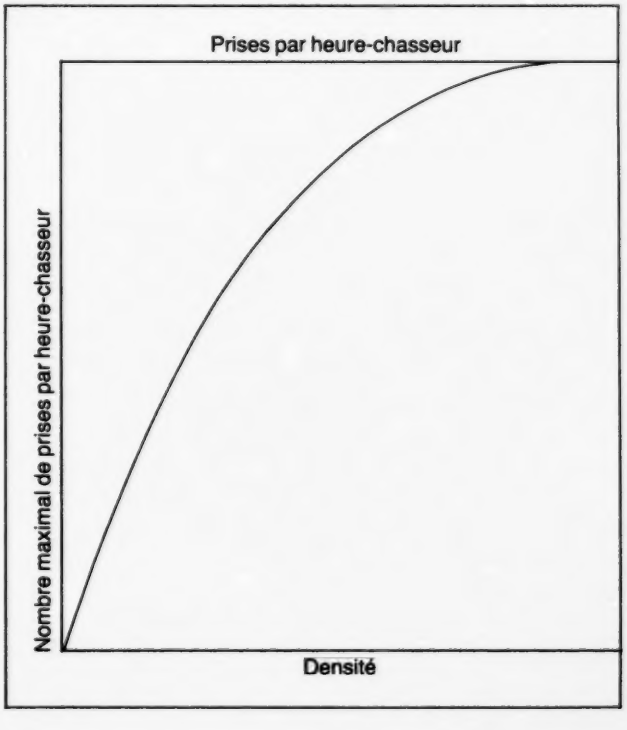
La mise au point d'un modèle plurispécifique est requise pour plusieurs raisons. Pour le gestionnaire, une réglementation de la chasse propre à chaque espèce serait idéale parce qu'elle permettrait un nombre de prises plus élevé que si toutes les espèces étaient soumises à la même réglementation (Ricker, 1958). De plus, Ricker a signalé que si plusieurs espèces sont capturées au même rythme, une espèce peut devenir relativement plus abondante tandis que d'autres peuvent décliner. Malheureusement, il est impossible de gérer chaque espèce en raison des caractéristiques des canards et des chasseurs. Ainsi, en automne, les populations de canards se composent de nombreuses espèces et les chasseurs tirent sans faire de distinction parmi les espèces. Les canards ont également des comportements spécifiques et certaines espèces sont plus vulnérables que d'autres. Si les gestionnaires élaborent des règlements en vue d'augmenter le nombre de prises de Canards malards dans un secteur donné et que des Morillons à dos blancs fréquentent ce même secteur, le nombre de Morillons à dos blanc abattus sera élevé en raison de leur plus grande vulnérabilité.

Holling (1959*b*) a mis au point un modèle monospécifique de la réaction fonctionnelle d'un prédateur à la densité des proies. Ce modèle prévoit que si la densité des proies augmente, le nombre de proies capturées par unité de temps augmentera de plus en plus lentement jusqu'à un plafond (prédation de type 2) (figure 5). Dans la prochaine section, nous étudierons le modèle de Holling en fonction des prises d'oiseaux aquatiques appartenant à plusieurs espèces en utilisant les données recueillies dans le marais de Delta. L'équation de Holling s'applique à nos données parce qu'elle peut être utilisée pour montrer que le nombre de prises par chasseur dépend de l'abondance des canards. Royoma (1970) a complété le modèle comme suit : 1) répartition de l'effort de chasse entre les régions et selon la diversité des proies, et 2) interférences mutuelles entre les prédateurs en fonction de la densité des proies. Ces deux notions sont nécessaires, car nous postulons que l'effort de chasse est en corrélation avec la densité des oiseaux, et que la diminution de la vulnérabilité des canards lorsque l'effort de chasse augmente peut s'expliquer par les interférences entre les chasseurs.

2. Établissement des équations

Le modèle prévoit qu'en l'absence de règlements, les prises par heure–chasseur augmentent en fonction de la densité des canards pour atteindre un niveau limite dû au temps de manipulation (figure 5). Le taux de prises par chasseur en fonction de la densité des canards est calculé d'après l'équation du disque de Holling (1959*a*) :

Figure 5
Rapport fonctionnel entre le nombre de prises possibles par heure–chasseur et la densité des canards



$$N_c = \frac{aN_0}{(1+bN_0)} \qquad [1]$$

où : N_c = proies abattues
N_0 = densité des proies
a = taux de contact entre le prédateur et la proie × temps par sortie × probabilité de mortalité par contact
b = temps de manipulation par proie × a

Cette équation s'applique au prédateur qui consomme un seul type de proie. Pour n espèces de proies, l'équation correspondant à [1] est la suivante (Charnov, 1973) :

$$N_c = \frac{T_s \sum_{i=1}^{n} \lambda_i}{T_s + T_h} \qquad [2]$$

où : λ_i = taux de contact avec la i^e espèce de proie
T_s = temps total consacré à la recherche de chaque proie
T_h = temps de manipulation total

et : $T_h = \Sigma \lambda_i T_s h_i$

où : h_i = temps de manipulation pour chaque proie de la i^e espèce de sorte que :

$$N_c = \frac{T_s \sum_{i=1}^{n} \lambda_i}{T_s + \sum_{i=1}^{n} \lambda_i T_s h_i} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \lambda_i}{1 + \sum_{i=1}^{n} \lambda_i h_i} \qquad [3]$$

tel que :
$\lambda_i = a_i N_i$

où : a_i = coefficient de vulnérabilité de la i^e espèce × probabilité de mortalité par contact pour l'espèce i × sélectivité pour l'espèce i

et : N_i = densité de la i^e espèce

de sorte que :

$$N_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i N_i}{1 + \sum_{i=1}^{n} a_i N_i h_i} \qquad [4]$$

Si h_i est le temps de manipulation pour un individu de l'espèce proie i, alors $1/h_i$ est le taux maximal de prises pour l'espèce i. Supposons que $1/h_i = m$, le nombre maximal de prises possibles. Alors

$$N_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i N_i}{1 + \sum_{i=1}^{n} a_i N_i / m} \qquad [5]$$

Supposons que m_i et h_i sont identiques pour toutes les espèces de canards, alors :

$$N_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i N_i}{1 + (\sum_{i=1}^{n} a_i N_i)/m} \qquad [6]$$

et pour la i^e espèce :

$$N_{ir} = \frac{a_i N_i}{1 + (\sum_{i=1}^{n} a_i N_i)/m} \qquad [7]$$

Dans cette équation, les valeurs a_i correspondent aux coefficients de vulnérabilité multiplié par la probabilité de mortalité multiplié par la sélectivité des chasseurs (tableaux 5 et 10). Les coefficients de vulnérabilité (a_i) varient en fonction de l'effort de chasse de sorte qu'il est impossible d'utiliser une seule série de nombres pour obtenir la réaction nette. La valeur de m, provenant de l'observation du comportement des chasseurs, représente les prises maximales par heure–chasseur (4,0 – tableau 6). N_{ir} équivaut au taux de prises de la i^e espèce par heure–chasseur. Cette équation plurispécifique correspond à l'équation du disque.

Analyse et implications pour la gestion

1. Application du modèle au marais de Delta

1.1. Hypothèses supplémentaires et structure

L'équation plurispécifique [7] permet de calculer les captures d'un chasseur, à chaque heure. Nous l'avons insérée dans un modèle de simulation qui décrit également l'effort de chasse total et les changements de l'effectif des canards. Le modèle permet alors de prévoir le nombre de Canards malards, de Morillons à dos blanc et de Petits Morillons abattus chaque semaine. Les variables sont le nombre de semaines, le taux maximal de prises, l'effectif initial, les probabilités de mortalité de chaque espèce et la sélectivité des chasseurs.

Nous avons calculé le nombre d'heures–chasseur en fonction de la taille de la population chaque semaine en utilisant l'équation suivante :

$$E_t = B + 0{,}065\, D_t \qquad [8]$$

où : E_t = effort au temps t
D_t = effectif total au temps t
B = niveau de l'effort lorsque l'effectif est nul

Nous avons trouvé une corrélation entre l'effort et l'effectif des canards. On peut modifier l'effort initial en changeant la valeur de B; on peut alors utiliser d'autres postulats relatifs à l'effort de chasse.

La vulnérabilité des Canards malards et des Petits Morillons a été calculée en fonction de l'effort de chasse à l'aide des équations linéaires obtenues à partir des observations :

$$a_1 = 0{,}00264 - 0{,}0007 \text{ (log de l'effort)} \qquad [9]$$
$$a_2 = 0{,}0142 - 0{,}0042 \text{ (log de l'effort)} \qquad [10]$$

où : a_1 = vulnérabilité des Canards malards
a_2 = vulnérabilité des Petits Morillons

La vulnérabilité des Morillons à dos blanc ne montre aucune relation avec les variables mesurées et est considérée constante. On a utilisé dans le modèle la vulnérabilité moyenne pour les six semaines de chasse en 1973 et 1974 ($44{,}4 \times 10^{-4}$).

Nous avons évalué le nombre de prises hebdomadaires de chaque espèce en multipliant l'effort hebdomadaire estimatif par le nombre de prises de chaque espèce par heure calculées dans l'équation du disque [7]. Étant donné que le roulement dû aux départs et aux arrivées de canards n'a pu être considéré, nous avons utilisé une équation qui suppose un système fermé de sous-populations dans lequel les prises ont été soustraites et les populations mises à jour pour la semaine :

$$Ni_{t+1} = Ni_t - Ki_t \qquad [11]$$

où : Ni = effectif de l'espèce i dans la semaine t
Ki_t = nombre d'oiseaux abattus (et blessés) de l'espèce i dans la semaine t

Le modèle traite de façon dynamique de l'effort de chasse, de la taille de la population et de la vulnérabilité, et tient compte des pertes, des interférences entre les chasseurs et de l'apprentissage de l'évitement, de même que de la sélectivité des chasseurs et des probabilités de mortalité de chaque espèce.

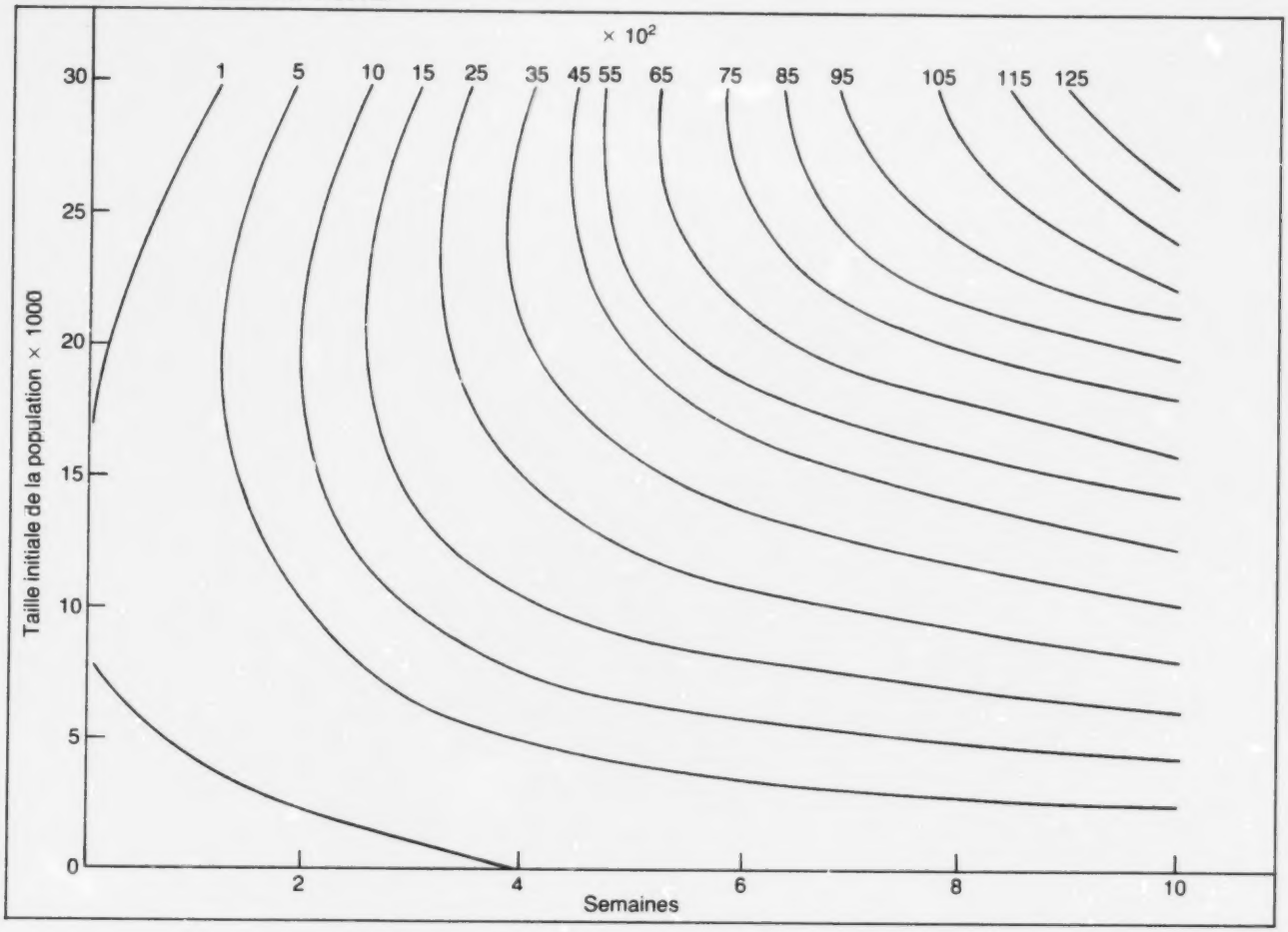
On a supposé, sans le vérifier, que les chasseurs s'ignorent les uns les autres; dans le modèle, on suppose aussi que les chasseurs réagissent à la densité de la population (équation 8) plutôt qu'au nombre de canards abattus par unité d'effort de chasse.

1.2. Options de gestion

Nous avons modifié le modèle pour y inclure nos données afin d'analyser globalement les différentes stratégies de chasse et d'évaluer les répercussions sur la mortalité des oiseaux aquatiques. Nous n'avons pas tenté de faire des prévisions numériques précises, car il est impossible d'évaluer les effectifs chaque semaine. Nous avons fait une série de simulations en fonction de la duré des saisons de chasse, de l'effort de chasse et de l'abondance des oiseaux afin d'évaluer les effets des options de gestion suivantes sur le nombre d'oiseaux abattus de chaque espèce : 1) régulation du nombre de chasseurs; 2) régulation de l'abondance des canards; 3) régulation de la durée de la saison de chasse.

Notre analyse ne tient pas compte des limites de prises, généralement considérées comme régulatrices du nombre d'oiseaux abattus, car elles influent peu sur les captures puisque les chasseurs les atteignent rarement. À l'échelle régionale, les limites de prises peuvent influer sur le nombre de chasseurs (Christisen, 1971). Cependant, nous n'avons aucune donnée sur le nombre de chasseurs qui respectent les limites de prises dans le marais de Delta et pour cette raison, nous ne pouvons inclure cette variable dans le modèle.

Figure 6
Diagramme isoplèthe montrant le rapport entre les endroits où les Canards malards sont abattus, la taille de la population et la durée de la saison pour des efforts de chasse normaux observés à Delta



2. Résultats et analyse

La simulation des différentes options de gestion montre que chaque espèce réagit de façon particulière à l'effort de chasse et à la durée de la saison de chasse (figures 6 à 8). Ces variations sont attribuables à la vulnérabilité des espèces.

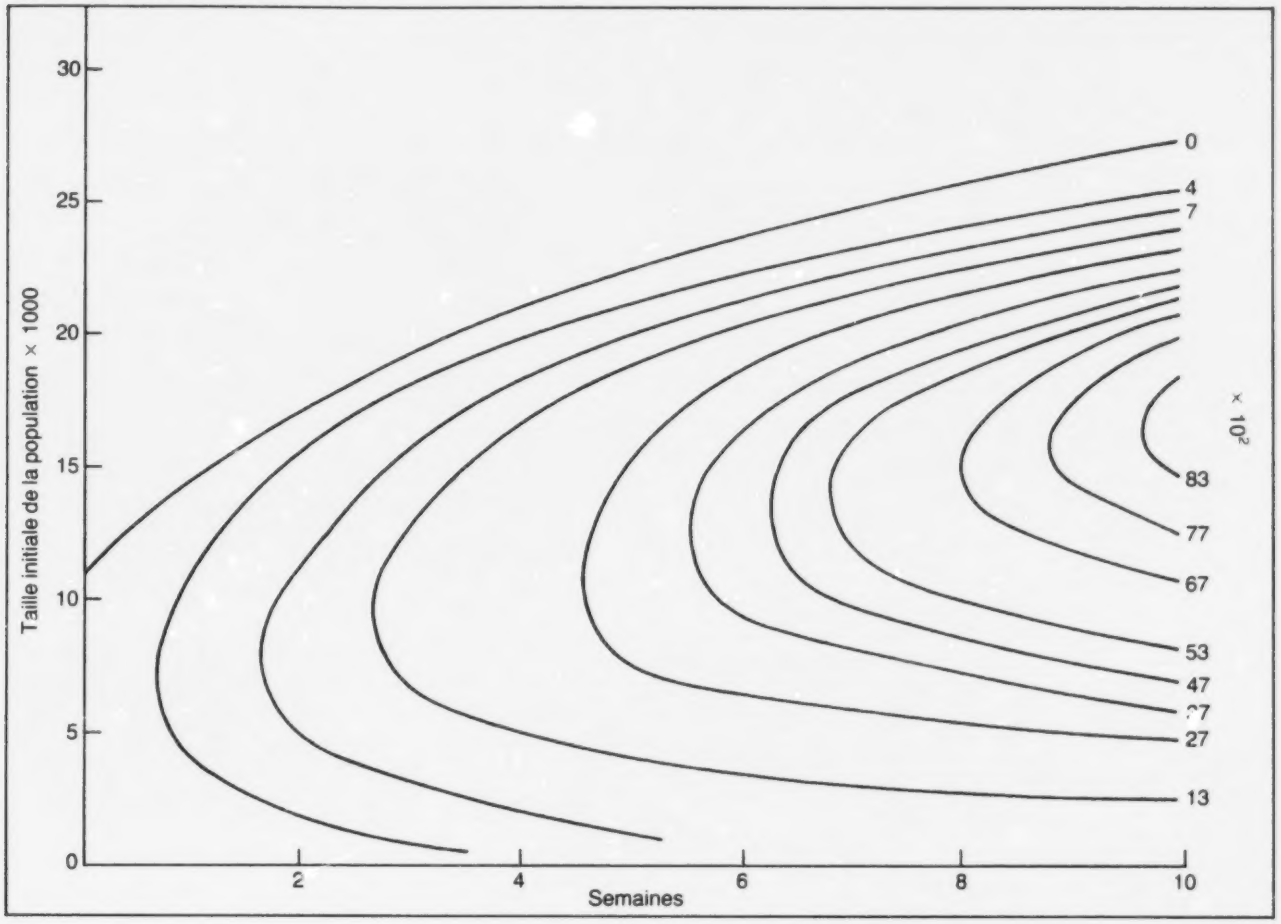
Sous divers «régimes» de captures, le nombre de Canards malards abattus était maximal lorsque la saison de chasse était longue et la population nombreuse. Il faut une longue saison de chasse pour que les prises se situent à un niveau intermédiaire lorsque les Canards malards sont moins nombreux. Pour que ce niveau soit maintenu lorsque la saison de chasse est plus courte, il faut que la population de canards soit nombreuse. L'étude révèle que les Canards malards réagissent bien à la pression de la chasse : le nombre de captures n'est jamais trop élevé. Par exemple, lorsque la saison est longue et l'effectif élevé, environ un tiers seulement des canards sont abattus. Lorsque la saison est plus courte, le nombre de canards abattus reste peu élevé même si la population est abondante. La situation est plus délicate lorsque l'effectif dépasse 15 000 individus et que la chasse dure plus de six semaines. Lorsque la chasse dure moins de quatre semaines, le nombre d'oiseaux abattus dépend très peu de la population.

Lorsque la pression de la chasse est faible ou modérée, le nombre de canards abattus est un peu moins élevé et ce, pour des densités et des saisons similaires. Ce nombre reste stationnaire lorsque l'effort est supérieur à la normale.

En résumé, le nombre de Canards malards abattus à Delta dépend fortement de la taille de la population et de la durée de la saison de chasse. Le taux de survie des canards est élevé en présence d'un grand nombre de chasseurs et les prises restent relativement constantes. Cela est dû à une plus grande méfiance des oiseaux. Une réduction de l'effort de chasse entraînera une baisse presque négligeable du nombre total des prises, car la vulnérabilité des Canards malards augmente à mesure que le nombre d'heures–chasseur diminue, ce qui entraîne une hausse du nombre des canards abattus par heure–chasseur. Les gestionnaires devraient donc raccourcir la saison pour réduire le nombre de prises et la prolonger pour l'augmenter.

Contrairement aux Canards malards, les Petits Morillons subissent peu de pertes lorsqu'ils sont nombreux. Le nombre de canards abattus est plus élevé lorsque la densité est moyenne (figure 7), ce qui s'explique par l'effet incitatif qu'a l'effectif sur l'effort de chasse et par l'effet qu'a cet effort sur la vulnérabilité des Petits Morillons. Le nombre de prises est maximal lorsque l'effectif est de 15 000 canards, la saison de chasse de dix semaines et l'effort de chasse normal. Une plus longue saison de chasse influe très peu sur le nombre de prises, que les densités soient faibles ou fortes (figure 7). Toutefois, si la saison dure plus de six semaines, les réper-

Figure 7
Diagramme isoplèthe montrant le rapport entre les endroits où les Petits Morillons sont abattus, la taille de la population et la durée de la saison pour des efforts de chasse normaux observés à Delta



cussions sont importantes lorsque la population est moyenne (figure 7).

Lorsque l'effort de chasse diminue, il y a accroissement du nombre de prises de Petits Morillons, ceux-ci étant plus vulnérables. Cependant, les captures diminuaient avec l'augmentation de la pression.

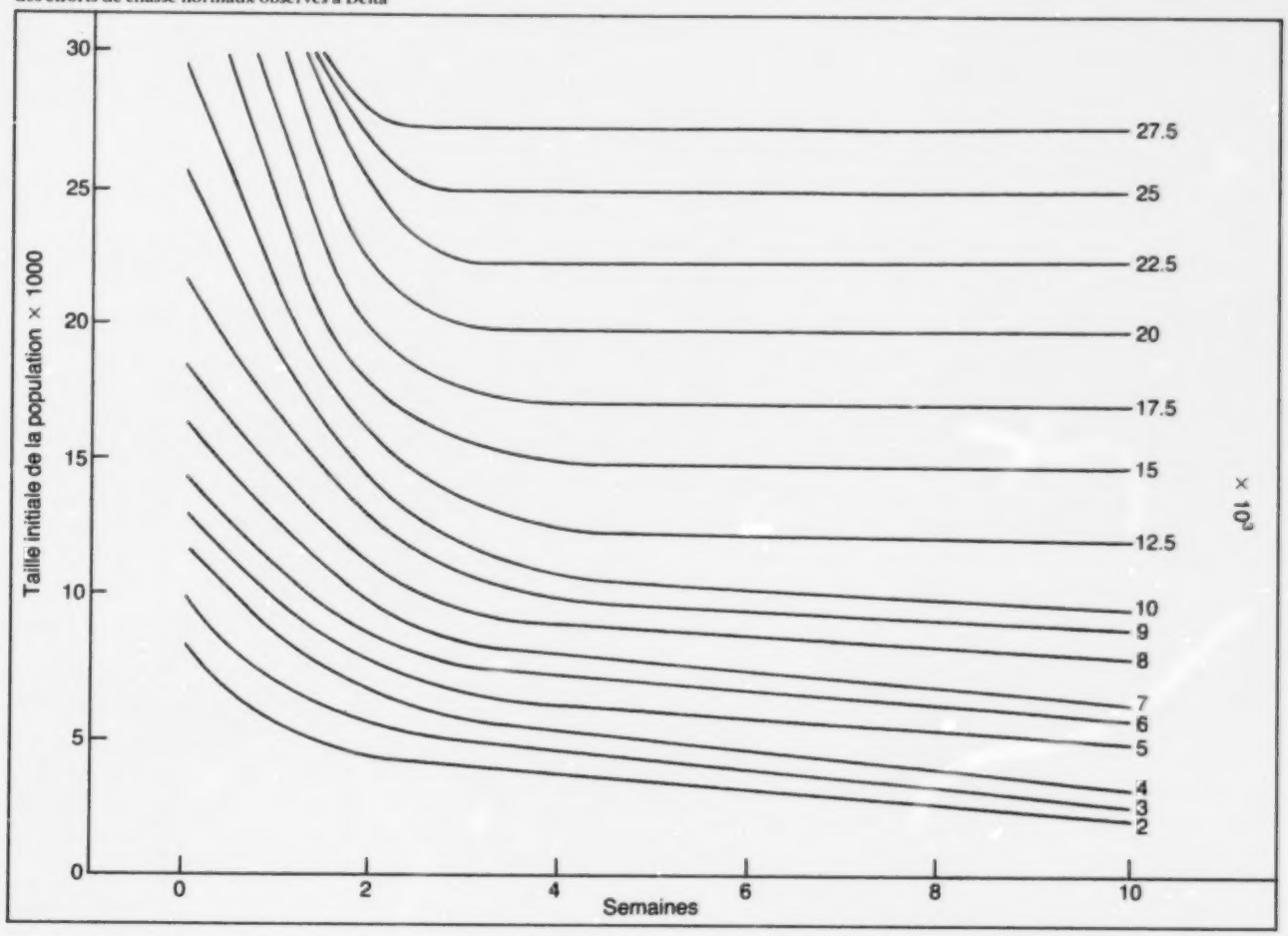
En conclusion, les prises de Petits Morillons sont fortement liées à leur effectif et à l'effort de chasse. Contrairement au cas du Canard malard, les prises n'augmentent pas toujours en fonction de l'effectif. La durée de la saison n'est pas aussi importante que pour le Canard malard, et le Petit Morillon peut soutenir un grand accroissement de l'effort de chasse; le nombre de prises peut même diminuer parfois. Il n'est pas nécessaire d'adopter des règlements spéciaux pour la gestion du Petit Morillon à Delta.

Le nombre de prises de Morillons à dos blanc dépend largement de l'effectif (figure 8), comme c'est le cas pour le Petit Morillon. Comparativement à ce dernier, toutefois, les prises augmentent à mesure que la population croît (figure 8). Le nombre de Morillons à dos blanc abattus est assez élevé, même si les saisons sont courtes. Si l'effectif local est faible, une longue saison de chasse aura les mêmes effets qu'une saison courte. Si la densité du canard est forte, une saison courte entraînera des prises élevées.

La réduction de l'effort de chasse du niveau auquel il était en 1973 au niveau de 1977 n'entraîne pas de diminution importante des prises de Morillons à dos blanc. En revanche, l'accroissement de l'effort de chasse provoquera une augmentation des prises, surtout si la densité est faible.

Les Morillons à dos blanc, contrairement aux Canards malards et aux Petits Morillons, ne peuvent réagir favorablement aux variations de la pression de la chasse. La prolongation de la saison de chasse n'aurait aucun résultat, car un grand nombre de ces morillons sont abattus même lorsque la saison est courte. Le nombre de prises dépend largement de l'effectif. Compte tenu de leur faible population, les Morillons à dos blanc devraient faire l'objet d'une protection spéciale; la saison de chasse devrait durer deux semaines au maximum lorsque la population est nombreuse. Toutefois, lorsque l'effectif local s'élève à 5000 individus environ, il est inutile de limiter la durée de la saison de chasse, car les prises sont faibles de toute façon. Toute réduction de la saison de chasse visant à protéger les Morillons à dos blanc priverait inutilement les chasseurs d'espèces mieux adaptées à la chasse comme le Canard malard et le Petit Morillon.

Figure 8
Diagramme isoplèthe montrant le rapport entre les endroits où les Morillons à dos blanc sont abattus, la taille de la population et la durée de la saison pour des efforts de chasse normaux observés à Delta



3. Implications des résultats pour la gestion

La famille des anatidés (canards, oies, bernaches et cygnes) est une ressource naturelle importante en Amérique du Nord. Les canards sont les plus nombreux : au cours des 40 dernières années, leur population a été évaluée entre 35 et 140 millions. On compte 27 espèces de canards au Canada, aux États-Unis et au Mexique. Leurs principales aires de nidification se trouvent au Canada, et s'étendent loin au nord. La plupart des canards hivernent dans le sud des États-Unis et au Mexique; quelques-uns vont jusqu'à Cuba, en Amérique centrale et en Amérique du Sud. Ils migrent par grandes volées au printemps et à l'automne. Les nombreuses aires d'alimentation et de repos qui jalonnent les routes migratoires sont les aires de chasse habituelles.

Certaines espèces sont chassées partout au Canada et aux États-Unis et dans de nombreuses régions du Mexique. La chasse ouvre dès le 1er septembre au Canada, et de plus en plus tard à mesure que l'on se déplace vers le sud; les saisons de chasse sont décalées. La chasse se termine en février dans les secteurs d'hivernage du sud. Certaines populations de barboteurs (comme les Canards malards) et de plongeurs (comme les Petits Morillons) sont donc chassées pendant cinq mois consécutifs. Bellrose (1976) a évalué à 20 millions le nombre de canards abattus chaque année en Amérique du Nord au début des années 1970.

Le Canard malard est probablement le canard le plus abondant dans le monde, bien que sa population ait décliné récemment dans certaines aires de reproduction de l'Amérique du Nord. Le Morillon à dos blanc, espèce jadis commune dans les marais des Prairies, a diminué en nombre au cours des 25 dernières années. Le Petit Morillon demeure l'une des espèces d'oiseaux aquatiques les plus nombreuses. Il fréquente la steppe, la forêt-parc et la forêt boréale. Au cours des 25 dernières années, la population a peut-être baissé en raison d'une chasse trop intensive et d'une détérioration de l'habitat (Hochbaum et Caswell, 1978).

Ce sont les gouvernements du Canada et des États-Unis qui réglementent la chasse aux oiseaux aquatiques en Amérique du Nord, bien que les États américains établissent leurs propres règlements dans le cadre de la législation fédérale. Les deux pays ont tenté de diminuer les captures en limitant les prises quotidiennes et la durée des saisons de chasse, et en modifiant les dates d'ouverture de la chasse. Ces méthodes sont utilisées depuis 65 ans environ. Au début, les limites de prises étaient les mêmes pour toutes les espèces. Lorsque la population de certaines espèces comme le Morillon à dos blanc et le Morillon à tête rouge a diminué, les gestionnaires ont commencé à réduire le nombre des prises permises ou à en interdire la chasse. Ils ont augmenté les limites de prises des espèces plus abondantes comme le Petit Morillon. Ce type de réglementation suppose que les chas-

seurs peuvent identifier toutes les espèces, quel que soit le plumage, et malgré la mauvaise visibilité due au faible éclairement, aux conditions météorologiques, ou encore au fait que les chasseurs sont embusqués.

Les gestionnaires des oiseaux aquatiques pensent généralement que la limitation des prises et la durée de la saison de chasse sont les deux outils dont ils disposent et qu'elles devraient être établies en fonction des paramètres démographiques des populations de canards (Bellrose, 1950; Geis, 1959, 1963; Geis *et al.*, 1969; Nagel et Low, 1971; Rogers *et al.*, 1979; et Patterson, 1979). En conséquence, les règlements varient d'une année à l'autre et d'une région à l'autre en fonction des effectifs calculés dans les aires de reproduction à partir d'inventaires aériens ou sur le terrain. Les résultats de ces inventaires peuvent varier selon l'expérience et la formation de ceux qui les font; ils sont sujets à de nombreux ajustements reliés à la visibilité ou à la taille des groupes. Pour compliquer le tout, les règlements doivent être établis bien avant le début de la saison de chasse, compte tenu des procédures d'adoption.

Malgré l'importance des études menées chaque année sur les populations de canards et la complexité du processus de réglementation, l'effet de la modification des règlements sur la survie des espèces n'a été bien étudiée que pour le Canard malard (Anderson et Burnham, 1976, 1978; Rogers *et al.*, 1979). De plus, aucune étude n'a été faite sur l'efficacité des règlements, ni sur les relations complexes qui existent entre les canards et les chasseurs. Chaque année, ces derniers doivent mémoriser de nouveaux règlements concernant de nombreuses espèces. Sur le terrain, le chasseur doit prendre des décisions rapides afin de se conformer aux règlements restrictifs sur la chasse. Ses appeaux peuvent attirer 10 à 12 espèces différentes chaque jour.

Notre étude semble indiquer que les règlements complexes ne sont pas un moyen efficace de régulation des prises, du moins lorsqu'il n'existe pas de mesures d'application concrètes. Elle révèle aussi que les chasseurs ne sont pas sélectifs. Par exemple, même si on limite les captures de Morillon à dos blanc, le chasseur moyen tire sur toutes les espèces de canards. La limitation des prises selon les espèces dans une région donnée n'a donc pas toujours les effets souhaités. Une espèce comme le Morillon à dos blanc n'est pas protégée si on en limite la prise à un individu quand, par ailleurs, les limites de prises ne sont pas identiques pour d'autres espèces fréquentant le même marais. En outre, l'adoption de règlements favorisant l'augmentation des prises d'une espèce donnée, comme ce fut le cas aux États-Unis pour le Petit Morillon et pour d'autres espèces, peut mettre en danger des espèces protégées (Hickey, 1955).

De plus, tapis dans notre cache d'espionnage, nous avons observé que chaque espèce réagit différemment à l'effort de chasse. Si le Morillon à dos blanc fréquente le même marais que le Canard malard recherché par les chasseurs (plus grandes limites de prises), le nombre de morillons abattus peut être plus élevé que celui des Canards malards, car le Morillon à dos blanc est moins méfiant et, donc, plus vulnérable.

Il apparaît nettement que les prises de Morillon à dos blanc dépendent de l'effectif présent. La seule façon de protéger cette espèce consisterait à interdire toute chasse aux canards dans les marais qu'elle fréquente. Au Manitoba, cela signifierait ne fermer temporairement à la chasse que certains endroits qui sont des aires de repos traditionnelles du Morillon à dos blanc.

Nos scénarios de gestion montrent aussi des relations moins évidentes entre les tireurs et les stocks plurispécifiques. Par exemple, les prises de Canards malards sont élevées à la fin de l'automne, même lorsque l'effort de chasse est moindre. Les canards ne sont pas méfiants pendant toute la saison de chasse. Chez le Petit Morillon, les prises peuvent augmenter même si l'effort de chasse diminue. Ces deux espèces essaient d'éviter les aires de chasse intensive au début de la saison, mais elles deviennent plus vulnérables à mesure que les contacts avec les chasseurs diminuent. Cela n'est pas vrai toutefois pour le Canard malard.

Notre analyse des prises, des observations faites à partir des caches d'espionnage et des essais aux appeaux montre que le nombre de canards abattus dépend plus fortement de leur comportement et de leur abondance que des règlements en vigueur. Elle révèle également que le comportement des chasseurs est peu connu et devrait faire l'objet d'études plus approfondies.

En conclusion, et compte tenu des différences spécifiques entre les espèces et de l'effet du comportement des chasseurs sur les prises totales, les règlements devraient être simplifiés. La chasse au canard devrait être interdite dans certains secteurs lorsqu'une espèce qui doit être protégée s'y trouve. Enfin, il est possible de prévoir le nombre de prises par région en utilisant l'analyse à variables multiples et les équations de prévision. Un modèle de simulation prédateur–proie (comme en [7]) pourrait servir à l'élaboration des règlements. La modélisation pourrait permettre aux méthodes de gestion d'être plus précises; cela deviendra nécessaire si un nombre croissant de chasseurs tirent sur les espèces dont les populations sont stables ou réduites. Les effets des programmes de gestion plus sophistiqués ne sont pas évidents, mais pourront être évalués à l'aide des techniques de simulation avant d'être mis en vigueur.

Résumé et conclusions

1. Nous avons élaboré un modèle conceptuel canard–chasseur et formulé plusieurs hypothèses et prévisions fondées sur des rapports de cause à effet entre les éléments du modèle et nous les avons vérifiées sur place au Manitoba.

2. La vulnérabilité, facteur important conditionnant le nombre des prises, était fonction de l'effort de chasse ponctuel et non pas de contacts cumulatifs avec des chasseurs.

3. Les Canards malards étaient très prudents alors que le Petit Morillon et le Morillon à dos blanc se sont montrés très vulnérables.

4. Les régimes de captures n'étaient pas linéairement proportionnels à la taille de la population, ce qui dénote un processus de contact ou de rencontre non aléatoire.

5. Le temps de manipulation n'a pas limité les prises par chasseur.

6. Le temps entre les contacts était indépendant de l'abondance des canards, laissant ainsi à entendre que pour chaque contact, il y a une période pendant laquelle les canards ne réagissent pas aux appeaux, ce qui peut avoir donné les régimes de captures non linéaires (saturation) observés.

7. L'effort de chasse a été mis en corrélation avec le moment de la saison et le nombre de canards; toutefois, il se peut que le nombre de canards ait moins à voir avec l'effort que le fait que les chasseurs se sont simplement désintéressés de la chasse à mesure que la saison avançait et que l'hiver approchait.

8. Il n'existe aucune corrélation entre les variables météorologiques et la vulnérabilité.

9. Les chasseurs n'étaient pas sélectifs dans leur effort, bien que les petits canards aient été visés moins souvent que les gros.

10. Les populations de Canards malards du nord du Manitoba, composées principalement de juvéniles, étaient six fois plus vulnérables que les groupements comprenant surtout des adultes, à Delta, dans le sud du Manitoba.

11. Selon les rapports, le nombre d'oiseaux mutilés non récupérés était plus élevé au marais de Delta que dans le reste de l'Amérique du Nord.

12. La répartition des canards n'était pas aléatoire, des canards étant regroupés en masse dans les refuges de Delta pendant la saison de chasse 1973.

13. Nous avons élaboré un modèle plurispécifique pour évaluer la répercussion de la durée de la saison de chasse, de l'effort de chasse et de la taille de la population sur les prises de Canards malards, de Morillons à dos blanc et de Petit Morillons.

14. Nous recommandons une modification de la durée de la saison de chasse pour réduire les prises de Canards malards; le taux de survie des Petits Morillons n'est pas modifié lorsque l'effort de chasse augmente et n'exige aucun règlement particulier. Le nombre de prises de Morillons à dos blanc était important dans tous les cas sauf lorsqu'il y avait peu de canards. Nous recommandons une réduction de la durée de la saison de chasse afin de contrôler les prises de Morillons à dos blanc.

15. Nous proposons l'utilisation d'un modèle de régression logarithmique pour prévoir les prises et le modèle de simulation plurispécifique pour évaluer les possibilités de gestion.

Bibliographie

Alford, J.R.; Bolen, E.G. 1977. Differential responses of male and female Pintail ducks to decoys. J. Wildl. Manage. 41(4):657–661.

Anderson, D.R. 1975. A population in a Markovian environment. A theory and example. Ecology 56(6):1281–1296.

Anderson, D.R.; Burnham, K.P. 1976. Population ecology of the Mallard: VI. The effect of exploitation on survival. U.S. Fish & Wildl. Serv. Resour. Publ. 128. 66 p.

Anderson, D.R.; Burnham, K.P. 1978. Effect of restrictive and liberal hunting regulations on annual survival rates of the Mallard in North America. North Am. Wildl. Nat. Resour. Conf. Trans. 43:181–186.

Bailey, R.O.; Batt, B.D.J. 1974. Hierarchy of waterfowl feeding with Whistling Swans. Auk. 91(3):488–493.

Bellrose, F.C., Jr. 1944. Waterfowl hunting in Illinois: its status and problems. Nat. Hist. Surv. Biol. Notes No. 17. 33 p.

Bellrose, F.C. 1950. Mississippi Flyway: Problems, projects, prospects. North Am. Wildl. Conf. Trans. 15:123–132.

Bellrose, F.C. 1953. A preliminary evaluation of cripple losses in waterfowl. North Am. Wildl. Conf. Trans. 18:337–360.

Bellrose, F.C. 1976. Ducks, geese, and swans of North America. Stackpole. Harrisburg, Pa. 543 p.

Bellrose, F.C.; Scott, I.G.; Hawkins, A.S.; Low, J.B. 1961. Sex ratios and age ratios in North American ducks. Ill. Nat. Hist. Surv. Vol. 27. Artic. 6. 474 p.

Bergerud, A.T.; Manuel, F.; Whalen, H. 1968. The harvest reduction of a moose population in Newfoundland. J. Wildl. Manage. 32(4):722–728.

Beverton, R.J.H.; Holt, S.J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Her Majesty's Stationery Off. Londres. 533 p.

Boyd, H. 1971. Observations on duck hunting in eastern Canada in 1968 and 1969. Serv. can. de la faune, Pub. hors série n° 12. 22 p.

Brown, G.M., Jr.; Hammack, J.; Tillman, M.F. 1976. Mallard population dynamics and management models. J. Wildl. Manage. 40(3):542–555.

Charnov, E.L. 1973. Optimal foraging: some theoretical explorations. Thèse de doctorat. Univ. de Washington. 95 p.

Christisen, P.M. 1971. Importance of daily bag in squirrel hunting. North Am. Wildl. Conf. Trans. 36:322–329.

Cowardin, L.M.; Johnson, D.H. 1979. Mathematics and Mallard management. J. Wildl. Manage. 43(1):18–35.

Evard, J.O. 1970. Assessing and improving the ability of hunters to identify flying waterfowl. J. Wildl. Manage. 34(1):114–126.

Geis, A.D. 1959. Annual and shooting mortality estimates for the Canvasback. J. Wildl. Manage. 23(3):253–261.

Geis, A.D. 1963. Regulations in migratory bird management. North Am. Wildl. Conf. Trans. 28:164–171.

Geis, A.D.; Crissey, W.F. 1973. 1970 test of the point system for regulating duck harvests. Wildl. Soc. Bull. 1(1):1–21.

Geis, A.D.; Martinson, R.K.; Anderson, D.R. 1969. Establishing hunting regulations and allowable harvest of Mallards in the United States. J. Wildl. Manage. 33(4):848–859.

Hickey, J.J. 1955. Is there a scientific basis for flyway management? North Am. Wildl. Conf. Trans. 30:126–150.

Hochbaum, G.S.; Caldwell, P.J. 1977. Rapport sur la chasse limitée du Morillon à dos blanc, en 1973, au marais de Delta (Manitoba). Serv. can. de la faune. Cahier de biol. n° 76, 6 p.

Hochbaum, G.S.; Caswell, F.D. 1978. Perspective de l'évolution démographique à long terme des effectifs du Canard malard nichant dans les Prairies canadiennes. Cahier de biol. n° 90. 9 p.

Hochbaum, H.A. 1955. Travels and traditions of waterfowl. Univ. Minnesota Press. 301 p.

Hochbaum, H.A.; Dillon, S.T.; Howard, J.L. 1954. An experiment in the control of waterfowl depredation. North Am. Wildl. Conf. Trans. 19:176–185.

Holling, C.S. 1959*a*. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. Can. Entomol. 91:385–398.

Holling, C.S. 1959*b*. The components of predation as revealed by a study of small mammal predation on the European Pine Sawfly. Can. Entomol. 91:293–320.

Holling, C.S. 1966. The functional response of invertebrate predators to prey density. Mem. Entomol. Soc. Can. No. 48. 1–86.

Kirby, R.E.; Riechmann, J.H., Shough, M.E. 1976. A preliminary report on Minnesota's innovative 1973 waterfowl season. Wildl. Soc. Bull 4(2):55–63.

Koerner, J.W.; Bookhout, T.A.; Bednarik, K.E. 1974. Movements of Canada Geese color-marked near southwestern Lake Erie. J. Wildl. Manage. 38(2):275–289.

Leopold, A. 1933. Game management. Charles Scribner and Sons. N.Y. 481 p.

McKinney, D.F. 1975. The evolution of duck display. Pages 331–357 *dans* Baerends, G.; Beer, C.; Manning, A., réd. Function and evolution in behaviour. Clarendon Press. Oxford.

Melzack, R. 1961. On the survival of Mallard ducks after "habituation" to the hawk-shaped figure. Behaviour 17:9–16.

Nagel, J.E.; Low, J.B. 1971. Effect of regulations on waterfowl kill in Utah. J. Wildl. Manage. 35(3):554–557.

Olson, D.P. 1965. Differential vulnerability of male and female Canvasbacks to hunting. North Am. Wildl. Conf. Trans. 30:121–135.

Patterson, J.H. 1979. Can ducks be managed by regulation? Experiences in Canada.North Am. Wildl. Nat. Resour. Conf. Trans.44:130–139.

Powell, G.V.N. 1974. Experimental analysis of social value of flocking by Starlings (*Sturnus vulgaris*) in relation to predation and foraging. Anim. Behav. 22(2):501–505.

Ricker, W.E. 1958. Maximum sustained yield from fluctuating environments and mixed stocks. J. Fish. Res. Board Canada. 15:991–1006.

Rogers, J.P.; Nichols, J.D.; Martin, F.W.; Kimball, C.F.; Pospahala, R.S. 1979. Can ducks be managed by regulation? An examination of harvest and survival rates of ducks in relation to hunting. North Am. Wildl. Nat. Resour. Conf. Trans. 44:114–126.

Roseberry, J.L.; Klimstra, W.D. 1974. Differential vulnerability during a controlled deer harvest. J. Wildl. Manage. 38(3):499–507.

Royoma, T. 1970. Evolutionary significance of predator's response to local differences in prey density: A theoretical study. Pages 344–357 *dans* den-Boer, P.J.; Gradwell, G.R., réd. Proc. Adv. Study Inst. Dyn. Numbers Popul. Oosterbeek.

Siegfried, W.R.; Underhill, L.G. 1975. Flocking as an anti-predator strategy in doves. Anim. Behav. 23:504–508.

Sowls, L.K. 1955. Prairie ducks. Stackpole. Harrisburg, Pa. 193 p.

Stott, R.S., Olson, D.P. 1972. Differential vulnerability patterns among three species of sea ducks. J. Wildl. Manage. 36(3):775–783.

Teplov, V.F.; Kartashev, N.N. 1957. Wildfowl research in Russia. Wildfowl Trust. 9:157–169.

Thorpe, W.H. 1963. Learning and instinct in animals. Methuen. London. 558 p.

Walters, C.J.; Reed, R.; Ward, J. 1973. Some factors determining success of duck hunters in southern British Columbia. Serv. can. de la faune. Cahier de biol. n° 36. 6 p.

Walters, C.J.; Hilborn, R.; Oguss, E.; Peterman, R.M.; Stander, J.M. 1974. Development of a simulation model of Mallard duck populations. Serv. can. de la faune. Pub. hors série n° 20. 35 p.

Autres publications hors série

N° 1
Les oiseaux protégés au Canada en vertu de la Loi sur la Convention concernant les oiseaux migrateurs, 4e éd. Bilingual publication.
N° de cat. CW69-1/1. Publ. en 1957, rév. en 1980.
N° 2
Noms des oiseaux du Canada. Noms français, anglais et scientifiques. Bilingual publication.
N° de cat. CW69-1/2. Publ. en 1957, rév. en 1972.
N° 3
Use of aerial surveys by the Canadian Wildlife Service, par D.A. Benson.
Épuisé.
N° de cat. R69-1/3. Publ. en 1963, réimp. en 1966.
N° 4
Queen Elizabeth Islands game survey, 1961, par J.S. Tener.
N° de cat. CW69-1/4. Publ. en 1963, réimp. en 1972.
N° 5
Age determination in the polar bear, par T.H. Manning.
N° de cat. CW69-1/5. Publ. en 1964, réimp. en 1973.
N° 6
A wildlife biologist looks at sampling, data processing and computers, par D.A. Benson.
Épuisé
N° de cat. R69-1/6. Publ. en 1964.
N° 7
Preliminary report on the effects of phosphamidon on bird populations in New Brunswick, par C.D. Fowle.
Épuisé.
N° de cat. R69-1/7. Publ. en 1965.
N° 8
Birds of Nova Scotia-New Brunswick border region, par G.F. Boyer.
N° de cat. CW69-1/8. Publ. en 1966, réimp. en 1981.
N° 9
Effects of dietary methylmercury on Ring-necked Pheasants, with special reference to reproduction, par N. Fimreite.
N° de cat. R69-1/9. Publ. en 1971.
N° 10
Trends in populations of barren-ground caribou over the last two decades: a re-evaluation of the evidence, par G.R. Parker.
N° de cat. CW69-1/10. Publ. en 1971, réimp. en 1972.
N° 11
The Canada migratory game bird hunting permit and related surveys, par D.A. Benson.
N° de cat. R69-1/11. Publ. en 1971.
N° 12
Observations on duck hunting in eastern Canada in 1968 and 1969, par J.H. Boyd.
N° de cat. R69-1/12. Publ. en 1971.
N° 13
Evaluation of ecological effects of recent low water levels in the Peace-Athabasca Delta, par H.J. Dirschl.
N° de cat. CW69-1/13. Publ. en 1972.
N° 14
The Great Cormorants of eastern Canada, par A.J. Erskine.
N° de cat. CW69-1/14. Publ. en 1972.
N° 15
Distribution of barren-ground caribou harvest in north-central Canada, par G.R. Parker.
N° de cat. CW69-1/15. Publ. en 1972.
N° 16
Bird migration forecast for military air operations, par H. Blokpoel.
N° de cat. CW69-1/16. Publ. en 1973.
N° 17
Waterfowl populations on the Peace-Athabasca Delta, 1969 and 1970, par D.J. Nieman et H.J. Dirschl.
N° de cat. CW69-1/17. Publ. en 1973.
N° 18
Gammarus predation and the possible effects of *Gammarus* and *Chaoborus* feeding on the zooplankton composition in some small lakes and ponds in western Canada, par R.S. Anderson et L.G. Raasveldt.
N° de cat. CW69-1/18. Publ. en 1974.
N° 19
A summary of DDE and PCB determinations in Canadian birds, 1969 to 1972, par M. Gilbertson et L. Reynolds.
N° de cat. CW69-1/19. Publ. en 1974.
N° 20
Development of a simulation model of Mallard Duck populations, par C.J. Walters, R. Hilborn, E. Oguss, R.M. Peterman et J.M. Stander.
N° de cat. CW69-1/20. Publ. en 1974.
N° 21
Use of museum specimens in toxic chemical research, par A.M. Rick.
N° de cat. CW69-1/21. Publ. en 1975.
N° 22
Impoundments for waterfowl, par W.R. Whitman.
N° de cat. CW69-1/22. Publ. en 1976.
N° 23
Minimizing the dangers of nesting studies to raptors and other sensitive species, par R.W. Fyfe et N.R. Olendorff.
N° de cat. CW69-1/23. Publ. en 1976.
N° 24
Waterfowl damage to Canadian grain: current problems and research needs, par L.G. Sugden.
N° de cat. CW69-1/24. Publ. en 1976.
N° 25
Census techniques for seabirds of arctic and eastern Canada, par D.N. Nettleship.
N° de cat. CW69-1/25. Publ. en 1976.
N° 26
Notes on the present status of the polar bear in James Bay and Belcher Islands area, par Charles Jonkel, Pauline Smith, Ian Stirling et George B. Kolenosky.
N° de cat. CW69-1/26. Publ. en 1976.
N° 27
Limnological and planktonic studies in the Waterton Lakes, Alberta, par R. Stewart Anderson et Roderick B. Green.
N° de cat. CW69-1/27. Publ. en 1976.
N° 28
Birds and mammals of the Belcher, Sleeper, Ottawa, and King George Islands, Northwest Territories, par T.H. Manning.
N° de cat. CW69-1/28. Publ. en 1976.
N° 29
Developments in PPS sampling — Impact on current research, par A.R. Sen.
N° de cat. CW69-1/29. Publ. en 1976.
N° 30
Dynamics of snowshoe hare populations in the Maritime Provinces, par Thomas J. Wood et Stanley A. Munroe.
N° de cat. CW69-1/30. Publ. en 1977.
N° 31
Migration and population dynamics of the Peace-Athabasca Delta goldeye population, par D.B. Donald et A.H. Kooyman.
N° de cat. CW69-1/31. Publ. en 1977.
N° 32
The effects of fire on the ecology of the Boreal Forest, with particular reference to the Canadian north: a review and selected bibliography, par John P. Kelsall, F.S. Telfer et Thomas D. Wright.
N° de cat. CW69-1/32. Publ. en 1977.
N° 33
The ecology of the polar bear (*Ursus maritimus*) along the western coast of Hudson Bay, par Ian Stirling, Charles Jonkel, Pauline Smith, Richard Robertson et Dale Cross.
N° de cat. CW69-1/33. Publ. en 1977.

N° 34
Canvasback habitat use and production in Saskatchewan parklands, par Lawson G. Sugden.
N° de cat. CW69-1/34. Publ. en 1978.

N° 35
The diets of muskoxen and Peary caribou on some islands of the Canadian High Arctic, par Gerald R. Parker.
N° de cat. CW69-1/35. Publ. en 1978.

N° 36
Observations of Mallards in the parkland of Alberta, par Michael F. Sorensen.
N° de cat. CW69-1/36. Publ. en 1978.

N° 37
The wildlife valuation problem: A critical review of economic approaches, par William A. Langford et Donald J. Cocheba.
N° de cat. CW69-1/37. Publ. en 1978.

N° 38
Spatial changes in waterfowl habitat, 1964–74 on two land types in the Manitoba Newdale Plain, par G.D. Adams et G.C. Gentle.
N° de cat. CW69-1/38. Publ. en 1978.

N° 39
Patterns of pelagic distribution of seabirds in western Lancaster Sound and Barrow Strait, Northwest Territories, in August and September 1976, par D.N. Nettleship et A.J. Gaston.
N° de cat. CW69-1/39. Publ. en 1978.

N° 40
Responses of Peary caribou and muskoxen to helicopter harassment, par Frank L. Miller et Anne Gunn.
N° de cat. CW69-1/40. Publ. en 1979.

N° 41
Des communautés aviennes du parc national de la Mauricie, Québec, par J.L. DesGranges. Also available in English.
N° de cat. CW69-1/41F. Publ. en 1979.

N° 42
Études écologiques de la population d'ours blancs dans le nord du Labrador, par Ian Stirling et H.P.L. Kiliaan. Also available in English.
N° de cat. CW69-1/42F. Publ. en 1980.

N° 43
Méthodes de recensement des marmettes, espèce *Uria*: une approche unifiée, par T.R. Birkhead et D.N. Nettleship. Also available in English.
N° de cat. CW69-1/43F. Publ. en 1980.

N° 44
Études écologiques des populations d'ours blancs dans le sud-est de l'île Baffin, par Ian Stirling, Wendy Calvert et Dennis Andriashek. Also available in English.
N° de cat. CW69-1/44F. Publ. en 1980.

N° 45
Les polynies dans l'Arctique canadien, par Ian Stirling et Holly Cleator (rédacteurs). Also available in English.
N° de cat. CW69-1/45F. Publ. en 1981.

N° 46
Les Petites Oies blanches de l'est de l'Arctique canadien, par H. Boyd, G.E.J. Smith et F.G. Cooch. Also available in English.
N° de cat. CW69-1/46F. Publ. en 1982.

N° 47
Répartition et abondance des phoques dans la partie orientale de la mer de Beaufort, 1974–1979, par Ian Stirling, Michael Kingsley et Wendy Calvert. Also available in English.
N° de cat. CW69-1/47F. Publ. en 1983.

N° 48
Le comportement alimentaire du caribou de Peary selon les conditions de la neige et de la glace du printemps, par F.L. Miller, E.J. Edmonds et A. Gunn. Also available in English.
N° de cat. CW69-1/48F. Publ. en 1983.

N° 49
Étude de quelques techniques importantes d'échantillonnage de la faune, par A.R. Sen. Also available in English.
N° de cat. CW69-1/49F. Publ. en 1983.

N° 50
Réglementation intensive de la chasse aux canards en Amérique du Nord : but et réalisations, par Hugh Boyd. Also available in English
N° de cat. CW69-1/50F. Publ. en 1983.

N° 51
Dimension humaine de la chasse aux oiseaux-gibier migrateurs au Canada, par Fernand L. Filion et Shane A.D. Parker. Also available in English.
N° de cat. CW69-1/51F. Publ. en 1984.